



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV MIKROELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS

# BEZDRÁTOVÁ ELEKTRONICKÁ ČASOMÍRA S VELKÝM LED ZOBRAZOVAČEM

WIRELESS ELECTRONIC TIMEKEEPING WITH BIG LED DISPLAY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MICHAL FRYDRYCH

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. DAVID JAROŠ

BRNO 2010



**VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií**

**Ústav mikroelektroniky**

# Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor  
**Mikroelektronika**

**Student:** Bc. Michal Frydrych

**ID:** 78166

**Ročník:** 2

**Akademický rok:** 2009/2010

## NÁZEV TÉMATU:

**Bezdrátová elektronická časomíra s velkým LED zobrazovačem**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte a realizujte bezdrátovou elektronickou časomíru pro čtyři dráhy v požárním sportu. Vyjděte ze současného řešení komerčně vyráběných elektronických časomír a s ohledem na požadavky zadavatele (SDH Kunovice) ji inovujte. Časomíra se bude stávat ze čtyř nezávislých kanálů, bude mít možnost přepnutí do režimu zobrazení hodin HH:MM:SS a stopování času MM:SS:DS.

LED zobrazovač musí být navržen s ohledem na dobrou viditelnost ve dne i v noci, velikost znaků bude 140 mm. Spouštění časomíry bude probíhat impulzem ze startovací pistole, zastavení časomíry bude pomocí bezdrátových koncových spínačů. Celé zařízení bude konstrukčně řešeno tak, aby manipulace s ním byla co nejjednodušší. Součástí práce je i návrh a realizace bezdrátového spojení spínačů s vyhodnocovací jednotkou.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce

**Termín zadání:** 8.2.2010

**Termín odevzdání:** 27.5.2010

**Vedoucí práce:** Ing. David Jaroš

**prof. Ing. Vladislav Musil, CSc.**

*Předseda oborové rady*

## UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## **Abstrakt:**

Tato práce se zabývá návrhem a realizací bezdrátové elektronické časomíry pro požární sport. První část práce uvádí rozbor dané problematiky a všech dílčích částí systému, které jsou potřebné pro měření času v požárním sportu. Hlavním cílem práce bylo vytvořit bezdrátovou elektronickou časomíru pro současné měření až čtyř drah. Navržený měřicí systém je vybaven velkým LED zobrazovačem pro zobrazení výsledných časů. Terče a startovací pistole jsou s hlavní jednotkou časomíry propojeny bezdrátově s využitím komunikační platformy IQRf. Celé zařízení je konstrukčně řešeno tak, aby manipulace s ním byla co nejjednodušší.

## **Abstract:**

This thesis deals with the design and realization of wireless electronic timer for fire sport. The first part of thesis provides an analysis of the given problems and all component parts of the system which are needed for time measurement in the fire sport. The principal aim of thesis was to create a wireless electronic timer for simultaneous measurement of up to four lanes. The designed measuring system is equipped with a large LED display to show the final time. Targets and starting pistols are wirelessly connected with the main unit of timer with using a communication platform IQRf. The whole device is structural designed to the handling was as simple as possible.

## **Klíčová slova:**

Požární sport, elektronická časomíra, bezdrátová komunikace, mikrokontrolér, IQRf moduly, snímač.

## **Keywords:**

Fire sport, electronic timekeeping, wireless communication, microcontroller, IQRf modules, sensor.

## Bibliografická citace díla:

FRYDRYCH, M. Bezdrátová elektronická časomíra s velkým LED zobrazovačem. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 47 s. Vedoucí diplomové práce Ing. David Jaroš.

## Prohlášení autora o původnosti díla:

Prohlašuji, že jsem tuto vysokoškolskou kvalifikační práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce, s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 20. 5. 2010

.....

## Poděkování:

Na tomto místě chci vyjádřit své poděkování za poskytnutí obětavé pomoci, cenných informací a odborné literatury při vypracovávání diplomové práce svému konzultantovi Ing. Davidu Jarošovi. Dále bych chtěl poděkovat všem ostatním, kteří mě během studia podporovali.

# OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>7</b>
<b>1 STÁVAJÍCÍ ŘEŠENÍ .....</b>	<b>8</b>
1.1 POŽÁRNÍ SPORT .....	8
1.2 MĚŘENÍ ČASU PŘI POŽÁRNÍM ÚTOKU .....	8
1.3 ČÁSTI MĚŘÍCIHO SYSTÉMU PRO POŽÁRNÍ ÚTOK .....	9
1.3.1 <i>Startovací pistole</i> .....	9
1.3.2 <i>Sklopné terče</i> .....	9
1.3.3 <i>Hlavní jednotka časomíry</i> .....	10
1.3.4 <i>Zobrazovací panel časomíry</i> .....	10
1.4 PŘENOS DAT DO PC .....	11
<b>2 TEORETICKÝ ROZBOR DOTČENÉ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>12</b>
2.1 BEZDRÁTOVÁ KOMUNIKACE .....	12
2.1.1 <i>Vlastnosti IQRF TR-31B</i> .....	13
2.1.2 <i>Vlastní zapojení IQRF modulu</i> .....	14
2.1.3 <i>Programování IQRF</i> .....	15
2.2 ZOBRAZOVACÍ PANELY .....	15
2.2.1 <i>LED panely pracující ve statickém režimu</i> .....	16
2.2.2 <i>LED panely pracující v dynamickém režimu</i> .....	17
2.2.3 <i>LCD panely</i> .....	18
2.3 SNÍMÁNÍ STARTOVACÍHO IMPULZU ZE STARTOVACÍ PISTOLE .....	19
2.3.1 <i>Snímač tlaku</i> .....	19
2.3.2 <i>Akustický snímač</i> .....	20
2.4 MIKROKONTROLÉR .....	20
<b>3 REALIZACE .....</b>	<b>23</b>
3.1 HLAVNÍ JEDNOTKA ČASOMÍRY .....	23
3.1.1 <i>Schéma zapojení DPS s LCD displejem a tlačítky</i> .....	24
3.1.2 <i>Schéma zapojení DPS s mikrokontrolérem a IQRF modulem</i> .....	25
3.2 ZOBRAZOVACÍ LED PANEL ČASOMÍRY .....	27
3.2.1 <i>Zapojení zobrazovacího panelu</i> .....	28
3.3 STARTOVACÍ PISTOLE .....	29
3.3.1 <i>Schéma zapojení modulu pro pistoli</i> .....	29
3.3.2 <i>Mechanická část pro pistoli</i> .....	30
3.4 SKLOPNÉ TERČE .....	31
3.4.1 <i>Zapojení pro sklopné terče</i> .....	31
3.5 MECHANICKÁ KONSTRUKCE SKLOPNÝCH TERČŮ .....	32
3.6 PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ PRO MIKROKONTROLÉR .....	33
3.6.1 <i>Obecný popis programu</i> .....	33
3.6.2 <i>Blok reálného času</i> .....	35

<b>4</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>40</b>
<b>8</b>	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>41</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>42</b>

## Úvod

V současné době je požární sport jeden z rychle se rozšiřujících sportů. Díky tomu se zvýšil počet družstev na soutěžích a také výkony družstev se téměř vyrovnaly. Časomíry, které se používaly v dřívějších dobách, se skládaly pouze z logických obvodů a neumožňovaly měření více časů najednou. Další nevýhodou byly jejich rozměry a také nedostupnost. Později se začaly vyrábět komerční časomíry, ty sice umožňují měření více časů najednou, ale pro většinu sborů dobrovolných hasičů se staly z finančních důvodů nedostupné. Navíc tyto časomíry jsou s terčí propojeny kabelem, což se později ukázalo na mnoha soutěžích jako zásadní problém, když došlo k přerušení kabelu z důvodu toho, že většina soutěžících začala používat obuv s kovovými hroty.

Ve spolupráci se zadavatelem SDH Kunovice, které v současné buduje ve své obci cvičiště pro požární sport a tak se snaží zajistit dobré zázemí pro mládež v tomto sportu, vzniklo zadání této diplomové práce. Tato práce se zabývá návrhem a realizací bezdrátové elektronické časomíry s velkým LED (Light Emitting Diode) displejem, určené pro měření času v požárním sportu.

Zadané požadavky byly: stopovat čas několika drah najednou a výsledný čas zobrazit na velkém LED displeji ve formátu MM:SS:DS, možnost přepnutí časomíry do režimu zobrazení reálného času na velkém LED displeji, ve formátu HH:MM:SS. Dále pak sestavit velký LED displej s výškou číslic nejméně 140 mm s ohledem na dobrou viditelnost za slunného dne. Jednotlivé části měřicí sestavy, což je startovací pistole a dva sklopné terče, budou z hlavní jednotkou propojeny bezdrátově.

Časomíra a LED displej budou konstrukčně řešeny tak, aby manipulace s nimi byla co nejjednodušší, moduly umístěny na terčích budou oddělitelné. Sklopné terče, určené především pro bezdrátový přenos, budou kompatibilní i s komerčně vyráběnými časomírami. Pokud by došlo k poruše časomíry nebo bezdrátového modulu, je třeba propojit terč s komerčně vyráběnou časomírou pomocí kabelu.

# 1 Stávající řešení

V této kapitole je popsán požární sport, jak se měří a co je součástí měřicího systému pro měření času při požárním útoku. Dále je zde uvedeno dosavadní řešení a jeho výhody či nevýhody. Jsou zde také uvedeny možné vylepšení stávajícího řešení.

## 1.1 Požární sport

V posledních několika letech se požární sport vypracoval v tzv. top disciplínu. Jsou pryč doby, kdy se používaly klasické zásahové hadice, neupravená čerpadla a běhalo se v těžké a pevné obuvi. V dnešní době je požární sport na velice vysoké úrovni, což vyžaduje nejen vysoké výkony od soutěžících, ale také špičkové vybavení.

Každé soutěžní družstvo má sedm členů. Vzdálenost startovní čáry po oba terče je 100 m. Důležité je, aby družstvo bylo dobře „sehrané“, protože každý z družstva má svůj úkol. Jednotlivé úkoly na sebe navazují a stačí zaváhání jednoho člena a celý požární útok skončí neúspěchem. Hadice, které se používají na soutěžích, se liší od zásahových hadic především průměrem a délkou. Někdy rozhodují i setiny sekund, proto jsou hadice zkráceny přesně na minimální délku, což je 20 m.

Při soutěžích v požárním sportu se používají sportovní hadice a upravená odstředivá čerpadla poháněná benzínovým motorem. Čerpadlo a všechny hadice jsou umístěny na dřevěné základně o rozměrech 2 x 2 m. Čerpadlo nasává vodu z připravené kádě, pomocí dvou speciálních podtlakových hadic tzv. savic, na jejichž konci je umístěn sací koš. „Strojník“ ovládá čerpadlo, spojuje jeden spoj hadic B a také připojuje savici k čerpadlu. Dále je zde „spojář“, který spojuje savice a „košář“, který šroubuje koš na savici. Po nasátí vody do čerpadla se voda postupně dostává do třech hadic typu B. O spojení a natáhnutí těchto hadic se stará „běčkař“. Poté se voda dostává do rozdělovače, kde se dělí do dvou proudů. O zapojení rozdělovače se stará „rozdělovač“. Za rozdělovačem se nachází dvě hadice typu C na každém proudu. Na konci obou těchto proudů jsou proudnice. „Proudaři“ mají za úkol spojit hadice typu C na základně a za běhu zapojit proudnici. Jakmile doběhnou na značku, zakleknou a musí v co nejkratším čase strefit svůj terč.

## 1.2 Měření času při požárním útoku

Při požárním útoku je hlavním úkolem v co nejkratší době trefit střed terče proudem vody, přičemž je rozhodující delší naměřený čas na jednom z terčů. Stopování času probíhá od výstřelu ze startovací pistole a soutěžní družstvo vybíhá ze startu. Zastavení času je po trefení se do obou sklopných terčů. Je žádoucí, aby bylo možné zobrazit čas prvního a druhého terče. Do výsledkové listiny se zapisuje vždy čas vyšší. Výkony družstev bývají



vyrovnané, proto je třeba měřit čas na setiny sekund. Průměrný čas požárního útoku na tři hadice B je asi 18 sekund.

### **1.3 Části měřicího systému pro požární útok**

Pro měření času požárního útoku jsou potřeba následující části: startovací pistole, dva sklopné terče, hlavní jednotka časomíry a zobrazovací panel časomíry.

#### **1.3.1 Startovací pistole**

Pro spouštění časomíry se využívá upravená plynová pistole různých ráží. Úprava spočívá v zabudování snímače tlaku. Vyrábí se i komerční signální pistole se zabudovaným snímačem, ale jejich dostupnost je špatná a cena vysoká, to odradí mnoho sborů. Jsou společnosti, které se touto úpravou zabývají, ale nenabízejí možnost bezdrátového spojení s časomírou. Dále pak by většina rozhodčích, kteří startují tyto závody, uvítala možnost nulování dosažených časů z předešlého pokusu přímo na pistoli. Ale zatím není na trhu produkt, který by těmto požadavkům vyhověl.

#### **1.3.2 Sklopné terče**

Důležitou částí pro měření požárního útoku je sklopný terč. Ten se skládá z kovového čtverce o rozměrech 500 x 500 mm. Uprostřed čtverce je otvor o průměru 50 mm. Za otvorem je umístěn svisle kovový válec, který je upevněn na čepu. Při vychýlení válce do vodorovné polohy dojde ke stlačení spínače, umístěného pod mechanismem. Terč je upevněn na konstrukci ve výšce 1500 mm nad terénem a připevněn k zemi. Pro indikaci zasažení terče je na konstrukci nainstalováno automobilové koncové světlo do mlhy. Na zadní straně terče se nachází konektor pro připojení terče k časomíře a k napájení.



**Obr. 1:** Sklopné terče pro měření času v požárním útoku [1]

### **1.3.3 Hlavní jednotka časomíry**

V dobách, kdy tento sport teprve začínal, existovaly časomíry, které byly realizovány z několika logických obvodů a měly jeden malý LED displej. Měření dvou drah probíhalo tak, že se koncové spínače obou terčů zapojily do série. Takže nebyla možnost zjistit čas prvního zasaženého terče.

Později se výrobou těchto jednotek začaly zabývat menší společnosti. V časomírách se začaly objevovat mikrokontroléry, což umožnilo uživateli nastavení určitých parametrů, ale hlavně možnost měření obou terčů. Tyto komerčně vyráběné časomíry byly většinou integrované do jednoho bloku se zobrazovacím panelem. To však znemožnilo jejich využití například při tréninku, kdy nebylo třeba používat velký LED panel.

### **1.3.4 Zobrazovací panel časomíry**

V současné době se používají dva typy těchto zobrazovacích panelů. První typ se skládá z několika 7segmentových displejů. Jejich nevýhoda spočívá v omezené velikosti číslice a nízkém svítu jednotlivých segmentů.



**Obr. 2:** Zobrazovací panel ze 7segmentových displejů [2]

Druhý typ se skládá z vysocesvítivých LED, které jsou uspořádány ve tvaru číslice. Výhoda je jejich vysoká svítivost a možnost vyrobit číslici o jakékoli velikosti.



**Obr. 3:** Zobrazovací panel z vysoce svítivých LED [2]

## **1.4    *Přenos dat do PC***

Starší časomíry neumožňovaly přenos dat do PC (Personal Computer), proto se výsledky musely opisovat ručně a vznikalo zde riziko zanesení chyby. Stávající časomíry používají pro komunikaci s PC sériové komunikační rozhraní RS232. Toto řešení není zcela ideální, protože v dnešní době většina notebooků tento port postrádá. Dnešní mikrokontroléry nám nabízí možnost přímého propojení se sériovým komunikačním rozhraním USB (Universal Serial Bus) nebo využití převodníku USB na USART (Universal Synchronous/Asynchronous Receiver – Transmitter). Například převodník FT232RL od společnosti FTDI. USART označuje obvod, který převádí sériovou posloupnost bitů do paralelní formy a naopak. Obě funkce jsou na sobě nezávislé. Některé mikrokontroléry již mají v sobě integrovány obvody USART.

## 2 Teoretický rozbor dotčené problematiky

V této kapitole je popsána bezdrátová komunikace, mikrokontrolér PIC 16F876A, IQRF modul a jeho programování. Dále jsou zde popsány displeje pracující ve statickém a dynamickém režimu a možnosti, jak snímat tlak ze startovací pistole.

### 2.1 Bezdrátová komunikace

Z důvodu možného rizika přerušení kabelu při měření času požárního útoku byla zvolena bezdrátová komunikace mezi časomírou a ostatními částmi měřicího systému, jako jsou terče a startovací pistole. Podle legislativy Českého telekomunikačního úřadu je možné v České Republice používat bez registrace a poplatků pouze přístroje pracující v tzv. bezlicenčním pásmu. Na trhu je mnoho různých typů modulů, které pocházejí i z mimoevropských zemí a ty mohou pracovat v jiných kmitočtových pásmech, jež jsou u nás zakázány, ale přesto je možné je u nás zakoupit. V tabulce 1 jsou uvedena kmitočtová pásma pro zařízení krátkého dosahu. Některá pásma lze bezplatně a bez registrace využívat.

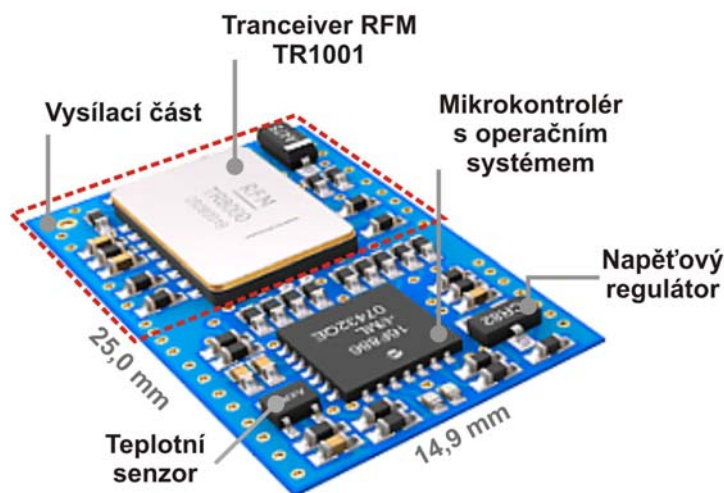
**Tab. 1:** Využívání rádiových kmitočtů pro zařízení krátkého dosahu [3]

Pásmo	Podmínky použití
27 MHz	Provozování je možné podle VO-R/10/03.2007-4.
49 MHz	Provozování není přípustné (zařízení ruší 1. TV kanál).
230 – 400 MHz	Pásmo je vyhrazeno pro účely obrany státu – žádný civilní provoz není přípustný.
433 MHz	Provozování je možné podle VO-R/10/03.2007-4 (pouze přenos dat; bezdrátová sluchátka nejsou povolena).
863 – 865 MHz	Provozování akustických aplikací je možné podle VO-R/10/03.2007-4.
868 – 870 MHz	Provozování je možné podle VO-R/10/03.2007-4.
870 – 960 MHz	Pásmo provozu mobilních telefonů GSM – provozování jiných aplikací není přípustné.
2,4 GHz	Provozování (RLAN, RFID, zařízení krátkého dosahu) je možné podle VO-R/12/08.2005-34nebo VO-R/10/03.2007-4.

Na trhu je několik výrobců zabývajících se výrobou bezdrátových modulů. Například společnost Aurel, nabízí několik modulů pracujících na kmitočtu 433 MHz nebo 869 MHz, tyto moduly však obsahují pouze vysokofrekvenční část bez jakýchkoliv jiných obvodů zajišťující komunikaci s periferiemi. Další je Nordic Semiconductor, která vyrábí modul nRF905 pracující na kmitočtu 433 MHz nebo 868 MHz a obsahující i obvody pro komunikaci. Avšak dodává se pouze v pouzdru QFN (Quad flat network), což může být problém při osazování desky plošných spojů. Jako ideální se jeví bezdrátový IQRF modul od společnosti Microrisc s označením TR-31B. Obsahuje jak vysokofrekvenční část, tak i procesor, který se stará o komunikaci s periferiemi. Navíc procesor má svůj vlastní operační systém, takže není třeba psát jednotlivé funkce, ale stačí je pouze volat. Modul je o velikosti SIM (Subscriber Information Module) karty, stačí pouze zasunout do držáku SIM v dané aplikaci.

### 2.1.1 Vlastnosti IQRF TR-31B

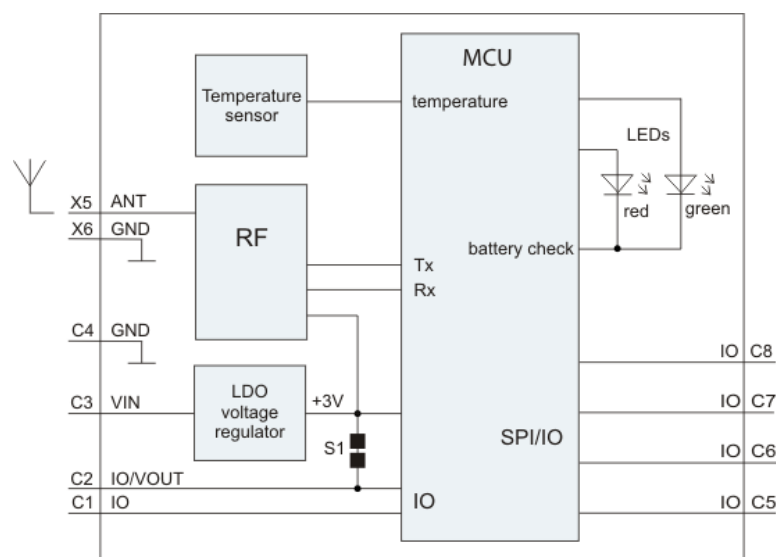
Tyto moduly mají dosah ve volném prostoru až 170 m. Vysílací výkon je možné regulovat programově od desítek  $\mu\text{W}$  do 1,3 mW. Rozměry modulu jsou 14,9 mm x 25,0 mm x 3,0 mm a zasouvají se do držáku SIM karty. Umožňují síťovou komunikaci peer – to – peer a/nebo IQMESH. Vysílací frekvence těchto modulů je 868 MHz (pro Evropu) a používají ASK (Amplitude – Shift Keying) modulaci. Přenosová rychlost je 15 kb/s, moduly umožňují komunikaci SPI (Serial Peripheral Interface), I<sup>2</sup>C (Internal – Integrated – Circuit Bus) nebo UART (Universal Asynchronous Receiver – Transmitter). Napájecí napětí se může pohybovat v rozsahu 3 až 5,3 V, spotřeba nepřevyšuje 8 mA při přenosu dat. Výhodou těchto modulů je, že obsahují vlastní operační systém. Modul se skládá z vysílací části, na které se nachází tranceiver RFM TR1001, v druhé části je mikrokontrolér PIC16LF886 s vlastním operačním systémem a ostatní součástky, jako je napěťový regulátor a teplotní senzor. K modulu se připojuje pouze anténa. [4]



Obr. 4: Rozložení součástek na IQRF modulu [4]

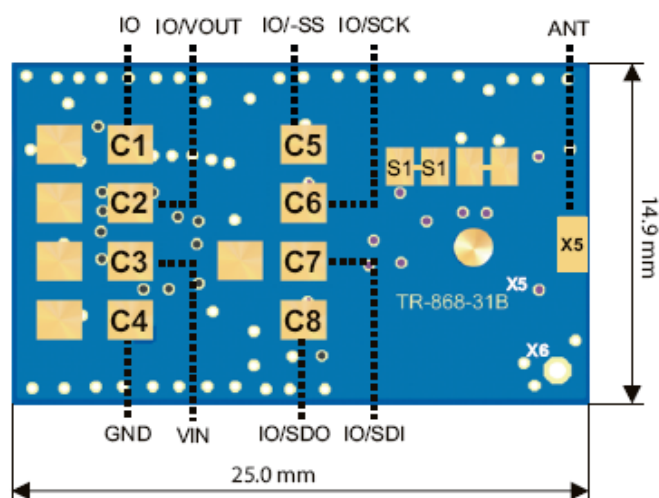
### 2.1.2 Vlastní zapojení IQRF modulu

Na obrázku 5 vidíme blokové schéma zapojení IQRF modulu. V mikrokontroléru běží speciální operační systém IQRF OS (Operating System). Operační systém zpracovává speciální funkce, které jsou uloženy v paměti typu flash. Uživatel pouze volá dané funkce, jež by jinak bylo nutné realizovat vlastní programovou implementací. Například pro program bezdrátového zapnutí/vypnutí spotřebiče by stačilo deset příkazů.



Obr. 5: Blokové schéma zapojené IQRF [4]

Na modulu jsou dvě indikační LED – červená indikuje vybitou baterii a druhá běh programu. Ze spodní strany jsou kontaktní plošky, rozmístění plošek jen obrázku 6. Modul má celkem deset pinů, z toho osm pinů je vyvedených na patici SIM. Význam jednotlivých pinů je v tabulce 2.



Obr. 6: Vývody na spodní straně modulu IQRF [4]

**Tab. 2:** Popis jednotlivých pinů TR-31B [4]

Pin	Typ	Název	Popis
C1	IO	RA0	digitální vstup/výstup
	AN	AN0	analogový vstup
C2	IO	RA1	digitální vstup/výstup (S1 přerušit)
	AN	AN2	analogový vstup (S1 přerušit)
	VOUT	VOUT	výstupní napětí 3 V z vnitřního stabilizátoru (S1 propojeno)
C3		VIN	kladná svorka napájecího napětí
C4		GND	záporná svorka napájecího napětí
C5	IO	RA5	digitální vstup/výstup
	AN	AN4, AN11	analogový vstup
	TX	TX	UART TX
	SS	SS	SPI Slave vstup (SPI zapnuto)
		RB4	vstup přerušení
C6	IO	RC3	digitální vstup/výstup
	SCK	SCK	SPI hodiny vstup (SPI zapnuto)
C7	IO	RC4	digitální vstup/výstup
	SDI	SDI	SPI data vstup (SPI zapnuto)
C8	IO	RC5	digitální vstup/výstup
	RX	RX	UART RX
	SDO	SDO	SPI data výstup (SPI zapnuto)
X5		ANT	anténa vstup

### 2.1.3 Programování IQRF

K naprogramování modulu se používá USB kitu CK-USB-02. Jedná se v podstatě o převodník USB na SPI. Navíc tento kit slouží jako vývojový kit se čtyřmi tlačítky a čtyřmi SMD (Surface Mount Device) LED. Program se nahrává do modulu pomocí vývojového rozhraní IQRF IDE v 2.04, které lze stáhnout z webových stránek výrobce. Na stránkách jsou také umístěny potřebné ovladače pro programátor a výukové příklady programů pro IQRF moduly.

## 2.2 Zobrazovací panely

Zobrazovací panely nám často převádějí číslo z určité číselné soustavy do jiné číselné soustavy nebo grafické podoby. K převodu z binární soustavy do dekadické nám slouží převodníky BCD (Binary Code Decimal) kódu, při použití mikrokontroléru můžeme tento

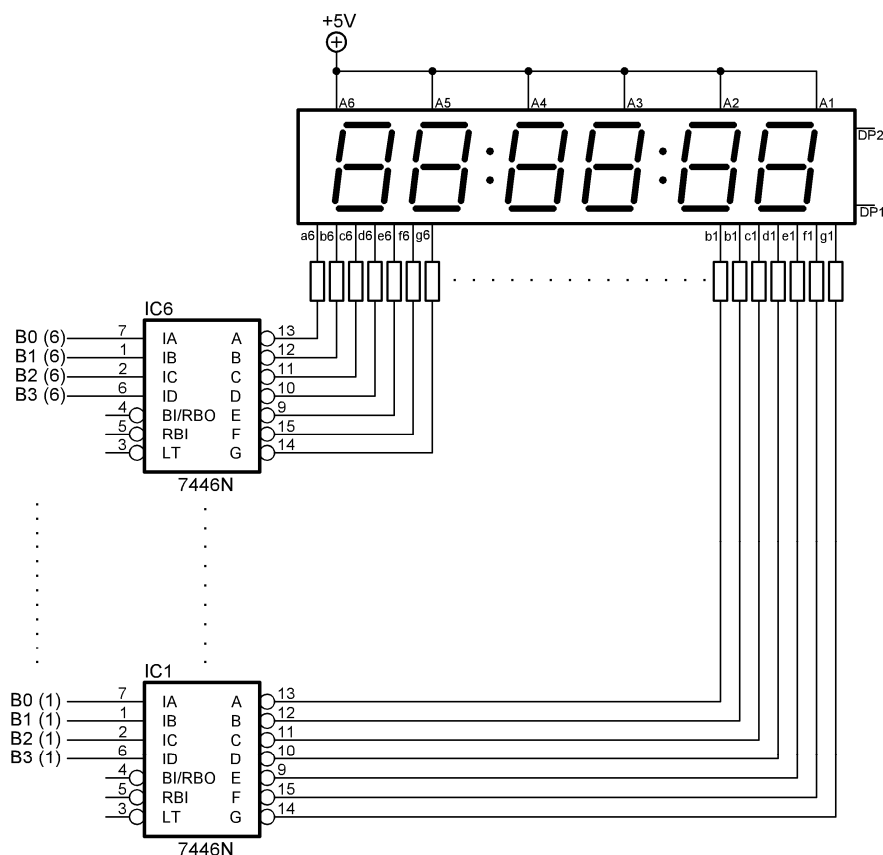
převodník kódu přímo naprogramovat. Při navrhování zobrazovacího panelu je třeba zvolit režim buzení displeje. Displej můžeme budit buď staticky nebo dynamicky. Obě tato zapojení mají své výhody a nevýhody, záleží vždy na tom, o jakou aplikaci se jedná.

Ve statickém režimu je výhoda, že mikroprocesor nemusí stále obsluhovat displej, pokud je zobrazována pořád stejná informace. U tohoto displeje je však třeba většího množství obvodů, do kterých se ukládají zobrazované informace.

Dynamický režim řízení vyžaduje stálou obsluhu mikroprocesoru. Takže pokud vytváříme zařízení, které bude hlavně zobrazovat údaje, je lepší volit dynamický režim, výhodou je také jeho nižší cena. Pokud zařízení bude mít hlavní úkol jiný, než zobrazování informací na displeji, je vhodné volit statický režim, dané zapojení je složitější a také dražší. [5]

### 2.2.1 LED panely pracující ve statickém režimu

Pokud budeme mít zobrazovací panel, jako na obrázku 7, který je vytvořen z šesti 7segmentových displejů, budeme mít každý z displejů jeden dekodér BCD. Nedochází zde přepínání jednotlivých displejů na panelu. Všechny displeje svítí najednou, takže proudový odběr je vyšší než při dynamickém režimu.

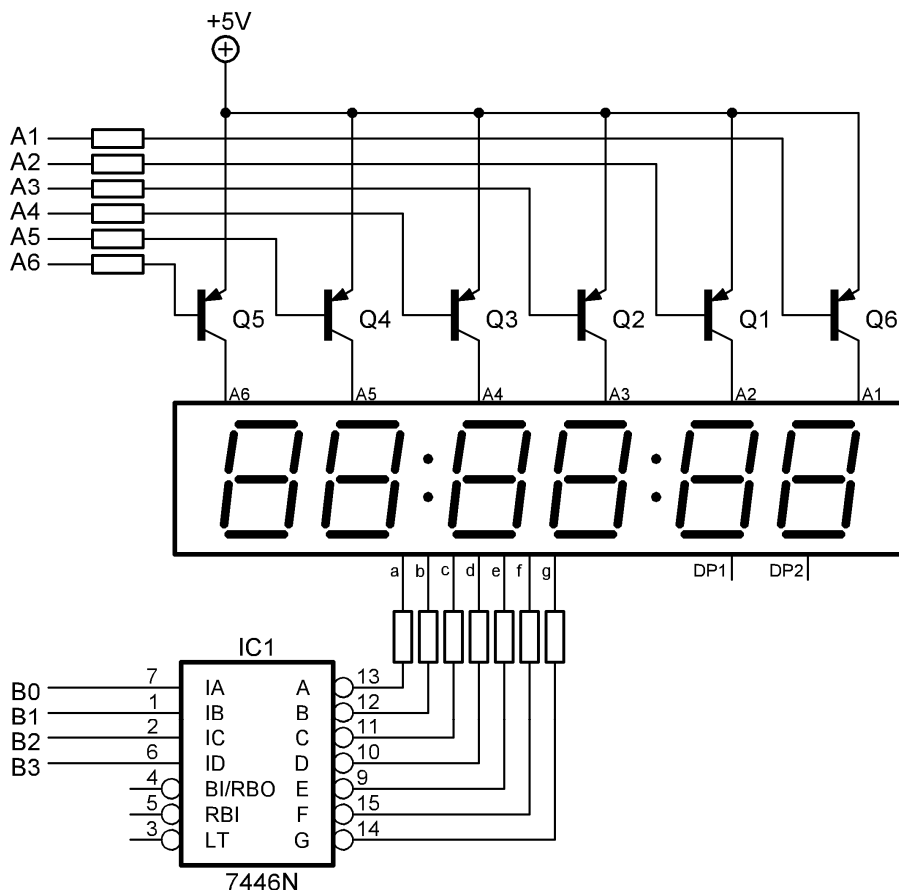


Obr. 7: Zapojení LED panelu ve statickém režimu



### 2.2.2 LED panely pracující v dynamickém režimu

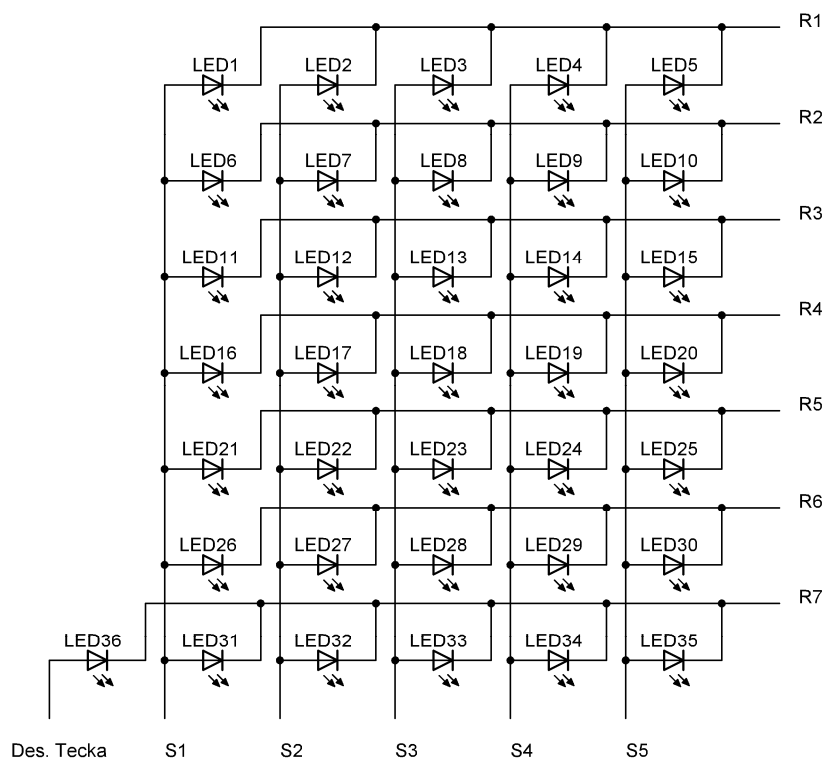
Na obrázku 8 je zobrazeno zapojení šestimístného LED panelu v tzv. multiplexním režimu. U tohoto zapojení jsou všechny odpovídající segmenty jednotlivých displejů propojeny. Hodnota BCD kódu se přivádí na všechny společně, stačí pouze jeden převodník BCD kódu pro šestimístný LED panel. Pomocí tranzistorů pouze připojujeme jednotlivé anody displejů na napájecí napětí a v danou chvíli také přivedeme i odpovídající hodnotu BCD kódu na vstupy a až g. Vždy se však rozsvěcuje pouze jeden z šesti displejů. Rozsvěcování jednotlivých displejů probíhá periodicky a dostatečně rychle. Díky setrvačnosti svitu displeje a lidského oka se nám celý panel jeví, jakoby svítily všechny displeje, přesto že vždy svítí pouze jeden. Při tomto buzení protéká daným segmentem mnohonásobně větší proud než při buzení ve statickém režimu. V případě, že nám zastaví přepínání jednotlivých displejů, hrozí nám u tohoto režimu zničení displeje. Velikost budícího proudu a čas, po který daným segmentem může protékat budící proud, nalezneme v katalogovém listu výrobce. Střední hodnota proudového odběru tohoto panelu je menší než u statického režimu. [5]



**Obr. 8:** Zapojení LED panelu v multiplexním režimu

Dalším velice rozšířeným typem displejů s LED jsou maticové displeje, schematické zapojení takového displeje je znázorněno na obrázku 9. LED jsou uspořádány do matice,

nejčastěji 5 x 7 bodech. Pro buzení těchto displejů se používá speciálních dekodérů, zpravidla se jedná o paměti ROM (Read – Only Memory). Potřebná kapacita paměti pro 64 znaků v ASCII (American Standard Code for Information Interchange) kódu u maticového displeje 5 x 7 bodů je  $64 \times 35 = 2\,240$  bitů. [5]



**Obr. 9:** Zapojení maticového displeje

### 2.2.3 LCD panely

LCD (Liquid Crystal Display) se vyznačují nízkou spotřebou. Obsahují tekuté krystaly a budicí signál je střídavý obdélníkového tvaru. Aby byly dobře čitelné, potřebují vnější osvětlení, s rostoucím osvětlením se zvyšuje kontrast. Pokud bychom tento displej budili stejnosměrným napájením, z důvodu elektrolyzy by došlo k trvalému poškození. Maximální přípustná hodnota stejnosměrného napětí je uvedena v katalogovém listu pro daný displej, bývá většinou 50 mV. Kmitočet signálu by měl být nižší než 25 Hz a také ne vyšší než 200 Hz, mohlo by docházet k přeslechům.

LCD se provozuje ve statickém či dynamickém provozu. U statického provozu má displej jednu společnou zadní elektrodu a počet předních elektrod je stejný jako počet zobrazovaných segmentů. Při multiplexním provozu se použije  $n$  zadních společných elektrod. Zobrazovací segmenty tvoří skupiny po  $n$  prvcích a každý prvek skupiny přísluší jiné zadní elektrodě. [5]

## **2.3 Snímání startovacího impulsu ze startovací pistole**

Snímání tlaku ze startovací pistole je velice problematické. Při výstřelu dochází k tomu, že z hlavně nevychází jen tlak plynu, ale také částice střelného prachu. Při použití mechanického snímače nám tento jev může činit problémy.

Je třeba si uvědomit, že do zbraně nemůže být mechanicky zasaženo (vrtání, svařování atd.) z důvodu její pozdější reklamace a nutnosti kompatibility s jinou zbraní. Jako ideální zbraň se jeví použít například startovací pistoli typu ALFA s možností upevnění držáku pro vystřelení světlice. Tato zbraň má vnitřní závit v hlavni, to nám umožní bezproblémové uchycení snímače ke zbraní.

Pro spuštění časomíry potřebujeme startovací impuls, není potřeba používat snímače, jenž nám přímo měří hodnotu tlaku. Stačí pouze snímač, který vyhodnotí, zda tlak vzrostl nad určitou mez a pokud ano, tak změní stav výstupu.

Dále je třeba rozhodnout, zda je vhodnější použít tlakový či akustický snímač. Každý má své přednosti. U mechanického snímače je to například jeho jednoduchost a také nízká cena. Výhoda u akustického snímače spočívá v tom, že je bezúdržbový, ale jeho nedostatek spočívá v tom, že může reagovat i na jiný zvukový podnět, než na výstřel z pistole.

### **2.3.1 Snímač tlaku**

Ve snímačích tlaku se využívá několik základních principů, které jsou už po desetiletí neměnné. Rozlišujeme je podle funkčního principu:

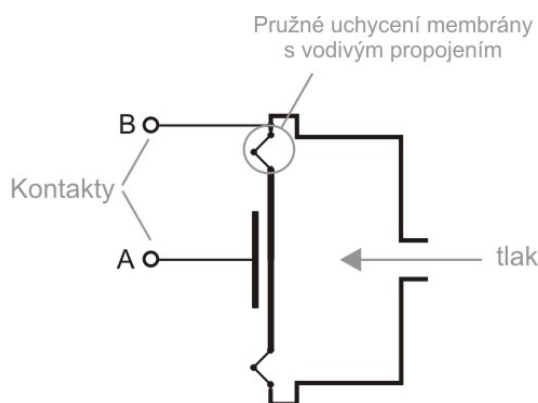
- Odporový piezorezistivní
- Odporový s tenzometry
- Kapacitní
- Piezoelektrický
- Rezonanční
- Indukčnostní
- Optoelektronický
- Deformační

Snímač pracující na principu deformace si můžeme představit snímač pracující v kombinaci deformačního členu s různými čidly polohy, mechanické kontakty (mikrospínač), jazýčkové relé, Hallova sonda nebo jiné čidla snímající polohu. [6]

Nejrozšířenějšími snímači tlaku jsou snímače tlaku s membránou, která má různé podoby. V dřívějších dobách se používaly membrány, které měly průměr v řádu stovek milimetrů a pracovní zdvih byl desetiny až jednotky milimetrů. Dnešní moderní snímače mají membránu z tvrdého a křehkého materiálu o průměru desetin milimetru a její pracovní zdvih je skoro nulový. [6]

Použití mechanického spínače se může jevit jako problémové řešení při použití v prašném prostředí. Avšak pokud je snímací zařízení dobře promyšleno, může nám tato konstrukce spolehlivě sloužit po dlouhou dobu. Navíc údržbě mechanických částí se stejně nevyhneme, protože zbraň obsahuje mechanické prvky, které se musejí čistit a mazat.

Na obrázku 10 je znázorněn mechanický snímač tlaku, jenž při určité hodnotě tlaku sepne kontakty A a B.



**Obr. 10:** Mechanický snímač tlaku

### **2.3.2 Akustický snímač**

Startovací impuls ze startovací pistole lze snímat i pomocí snímače zvuku. Jedná se o elektronické zapojení snímající zvuk při výstřelu. Zapojení obsahuje mikrofón a vyhodnocovací obvod, který má většinou výstup typu otevřený kolektor. Nevýhoda toho zapojení je, že reaguje i na jiné zvuky, podobné zvuku výstřelu ze startovací pistole. Při požárním útoku pracují motorová čerpadla na plný výkon, pokud jsou tyto stroje špatně seřizeny, může nastat tzv. střílení do výfuku – situace, kdy se benzín dostane do výfukového potrubí a tam exploduje. Tento jev doprovází velice podobný zvukový efekt jako při výstřelu ze startovací pistole. Z tohoto důvodu se tento snímač používá jen velice zřídka.

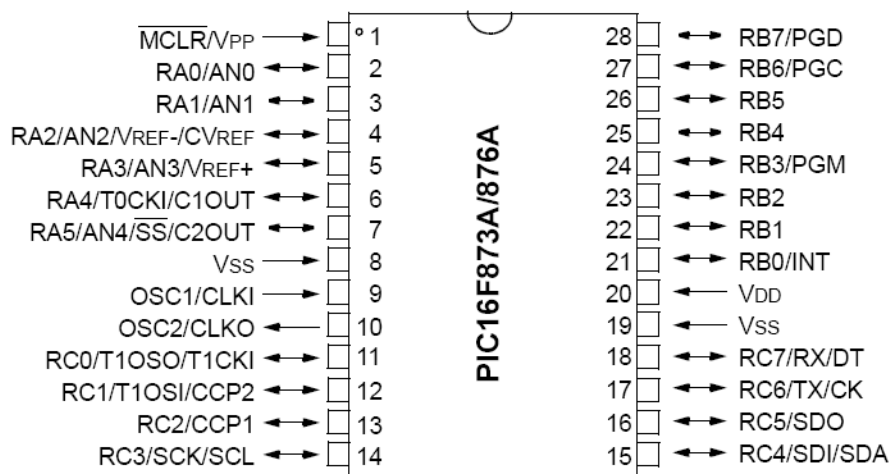
## **2.4 Mikrokontrolér**

Jedná se o osmibitový jednočipový mikrokontrolér s označením PIC 16F876A, s harvardskou architekturou, od společnosti Microchip. Taktovací frekvence je maximálně 20 Mhz, jeden instrukční cyklus trvá 200 ns. Všechny instrukce se vykonají během jediného cyklu, kromě instrukce větvení programu – ta trvá dva instrukční cykly.

Mikrokontrolér umožňuje programování pomocí ICSP (In – Circuit Serial Programming), přerušení lze vyvolat až od 14 zdrojů a má možnost připojení externího zdroje hodinového signálu. Rozsah napájecího napětí činí 2,0 – 5,0 V. Vyrábí se v pouzdrech DIL (Dual InLine), SOIC (Small Outline Integrated Circuit), PLCC (Plastic Leaded Chip Carrar), QFP (Quad flat pack). Zapojení vývodů je na obrázku 11. [7]

Mikrokontrolér dále obsahuje:

- 8 – bitový čítač/časovač TMR0 s 8 – bitovou programovatelnou předděličku,
- 16 – bitový čítač/časovač TMR1 s předděličkou a může být inkrementován v režimu sleep z vnějšího zdroje,
- Univerzální asynchronní port USART/SCI s možností 9 – bitové komunikace,
- 10 – bitový A/D převodník,
- Možnost volby reset při výpadku napájecího napětí,
- Podpora ladění programu pomocí ICD,
- Dva PWM (Pulse Wide Modulation) moduly.



**Obr. 11:** Zapojení vývodů PIC 16F876A [7]

**Tab. 2:** Popis jednotlivých vývodů PIC16F876A [7]

Vývod	Číslo pinu	Typ	Popis
RA0/AN0	2	I/O	analogový vstup 0
RA1/AN1	3	I/O	analogový vstup 1
RA2/AN2/V <sub>REF</sub> <sup>-</sup>	4	I/O	analogový vstup 2/- reference
RA3/AN3/V <sub>REF</sub> <sup>+</sup>	5	I/O	analogový vstup 3/+ reference
RA4/TOCKI	6	I/O	RA4 může být jako zdroj CLK signálu pro TMR1. Jako výstup má otevřený kolektor!!!
RA5/AN4/SS	7	I/O	analogový vstup 4
MCLR/V <sub>PP</sub>	1	I/P	RESET/vstup programovacího napětí. Tento vývod je aktivní v nule, kdy provádí RESET obvodu.
V <sub>SS</sub>	8,19	P	zem
RC0/T1OSC/T1CKL	11	I/O	výstup oscilátoru nebo vstup hodin TIMER1
RC1/T1OSC/CCP2	12	I/O	vstup oscilátoru TIMER1
RC2/CCP1	13	I/O	
RC3/SCK/SCL	14	I/O	hodinový vstup/výstup pro SPI a I2C
RC4/SDI/SDA	15	I/O	datový vstup SPI nebo datový vstup/výstup I2C
RC5/SDO	16	I/O	datový výstup SPI
RC6/TX/CK	17	I/O	synchronní hodiny nebo USART
RC7/RX/DT	18	I/O	synchronní data nebo USART
RB0/INT	21	I/O	může být vybrán jako zdroj vnějšího přerušení
RB1	22	I/O	
RB2	23	I/O	
RB3	24	I/O	
RB4	25	I/O	přerušení při změně vstupu
RB5	26	I/O	přerušení při změně vstupu
RB6	27	I/O	přerušení při změně vstupu/CLK při programování
RB7	28	I/O	přerušení při změně vstupu/DATA při programování
V <sub>DD</sub>	20	P	napájení +5V
OSC2/CLKOUT	9	I	Vstup pro krystalový oscilátor/vstup ext. hodin
OSC1/CLKIN	10	O	Výstup krystalového oscilátoru. Připojení krystalu nebo keramického rezonátoru.

### 3 Realizace

V této kapitole je popsáno elektronické zapojení všech částí systému pro měření požárního útoku. Také je zde popis mechanické konstrukce pro upevnění modulů k terči a popis funkce programu.

#### 3.1 Hlavní jednotka časomíry

Hlavní jednotka se skládá ze dvou desek plošných spojů (dále jen „DPS“ – Deska Plošných spojů) umístěných v plastové krabici KP 15. DPS jsou propojeny pomocí 16 – žilového plochého kabelu. První DPS je umístěna v přední části krabice, obsahuje čtyřřádkový LCD displej a čtyři tlačítka. Druhá DPS je umístěna v zadní části krabice a jsou na ní umístěny svorkovnice, mikrokontrolér, IQRF modul a ostatní součástky. Na zadním panelu krabice se nachází pojistkové pouzdro a konektory pro připojení periférií. Napájení je realizováno pomocí spínaného zdroje 12 V/2 A, který se připojuje v zadní části hlavní jednotky. V této části je umístěn také konektor RJ – 12, který pomocí komunikace ICSP umožňuje programování mikrokontroléru přímo v zařízení. Dále se v zadní části nachází konektor USB pro propojení s PC a konektor pro pojení hlavní jednotky se zobrazovacím panelem.

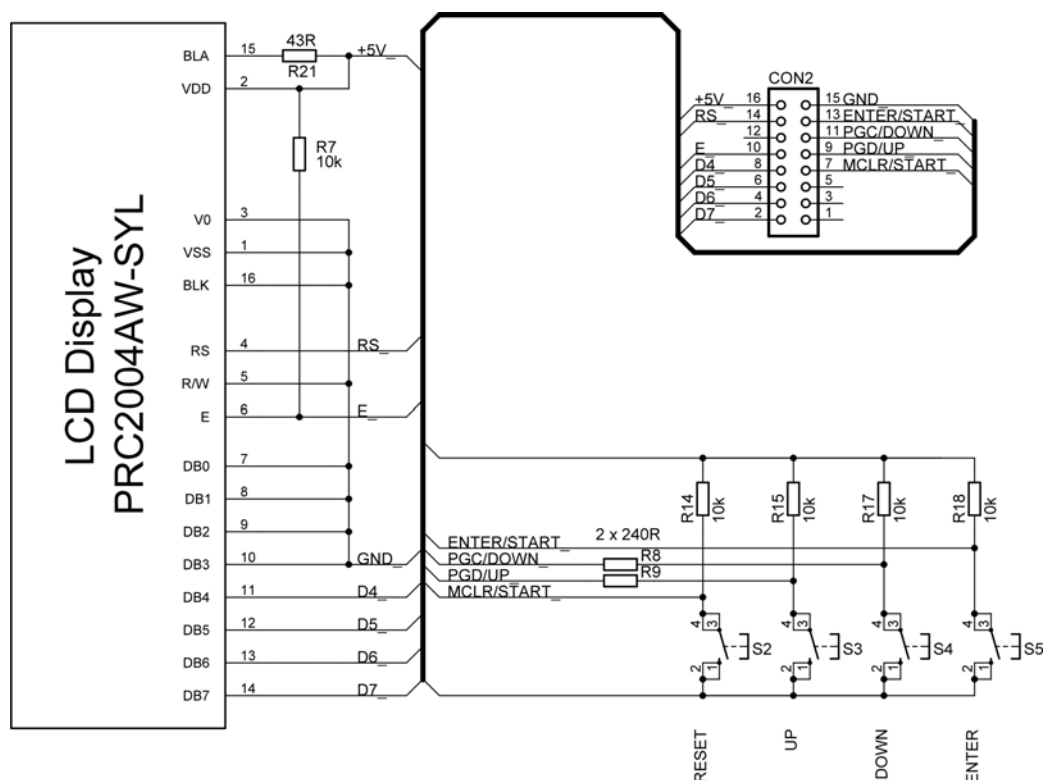


Obr. 12: Náčrtek sestavy časomíry

1. vypínač ON/OFF, 2. klávesnice, 3. LCD displej 4. anténa;

### 3.1.1 Schéma zapojení DPS s LCD displejem a tlačítky

LCD displej zobrazuje naměřené a nastavené hodnoty, nastavení se provádí pomocí čtyř tlačítek. LCD displej je čtyřřádkový s dvaceti znaky na jednom řádku, s podsvícením. Obsahuje standardní řadič HD44780 od společnosti Hitachi. Napájení displeje je v rozsahu 2,7 V – 5,5 V a připojuje se na piny  $V_{DD}$  a  $V_{SS}$ . Displej komunikuje s mikrokontrolérem po čtyřbitové sběrnici. Sběrnice využívá piny D4 – LSB (Least Significant Bit) až D7 – MSB (Most Significant Bit), ostatní datové vodiče jsou připojeny na GND. Volba čtyřbitové nebo osmibitové komunikace se musí zařídit programově při inicializaci LCD displeje. Pin BLA je anoda a pin BLK je katoda pro podsvícení displeje, napájení podsvícení je 4,2 V, proto je zde umístěn předřadný rezistor R21. Kontrast displeje se nastavuje hodnotou napětí na pinu V0. Pro maximální kontrast LCD displeje se hodnota napětí rovna 0 V. Tlačítka spínají do nuly, každé tlačítko má zvyšovací rezistor o hodnotě 10 k $\Omega$ . Jelikož tlačítka S3 a S4 jsou společná s piny pro programování mikrokontroléru, byly do série s tlačítky zařazeny rezistory o hodnotě 240 $\Omega$ , jako ochrana při stlačení tlačítka a současném programování mikrokontroléru. Vstup RS určuje, zda se jedná o instrukci nebo o data. Přivedením sestupné hrany na pin E se informace zapíše do řídicího obvodu displeje. Vstup displeje E je připojen k pinu mikrokontroléru RA4, tento výstup mikrokontroléru je typu otevřený kolektor, proto bylo nutné pro zajištění správné funkce zařadit mezi tento pin a napájecí napětí rezistor R7. CON2 je samořezný konektor pro plochý kabel, který zajišťuje propojení mezi DPS s LCD displejem a DPS s mikrokontrolérem.

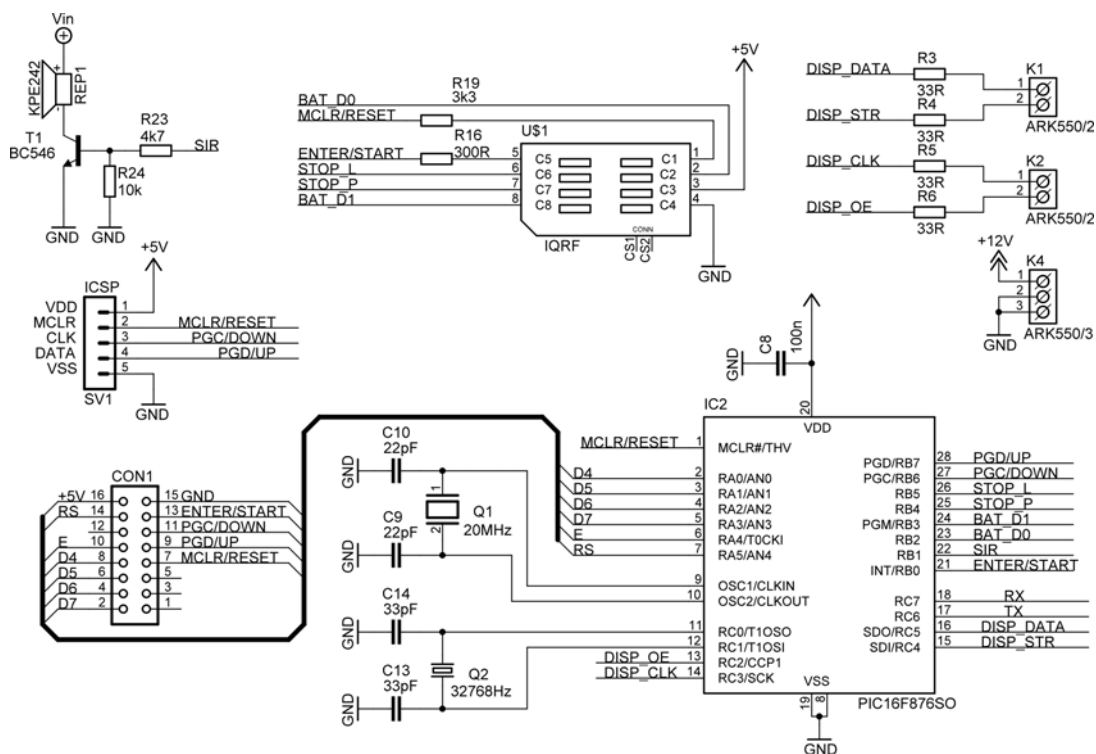




**Obr. 13:** Schéma zapojení LCD displeje s tlačítky

### 3.1.2 Schéma zapojení DPS s mikrokontrolérem a IQRF modulem

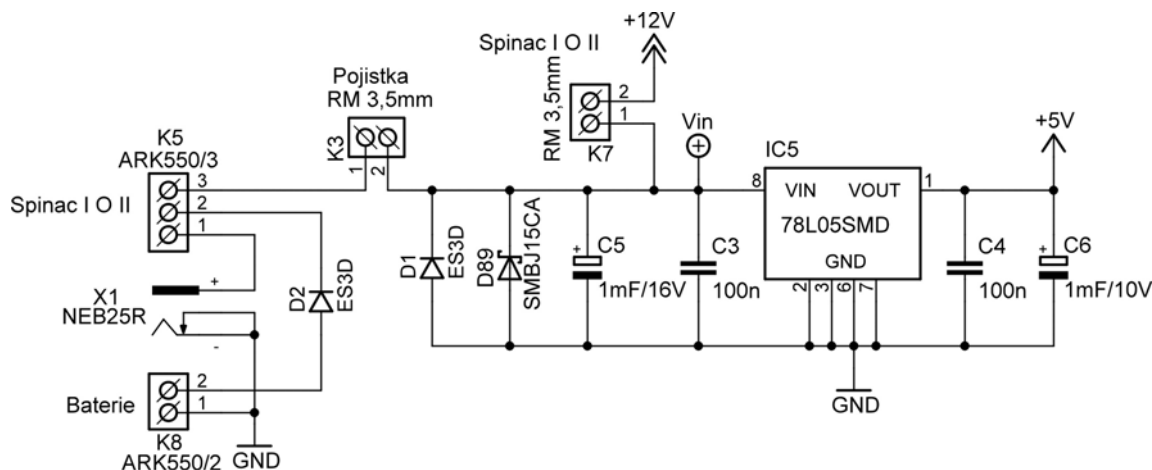
Základem hlavní jednotky je mikrokontrolér PIC 16F876A, který je taktován externím krystalem 20 MHz. Mikrokontrolér lze pomocí sériového programování ICSP programovat přímo v zařízení, programovací kabel se připojuje ke konektoru SV1. Jako bezdrátový přijímač je zde použit IQRF modul TR-31B, jenž bezdrátově komunikuje s ostatními částmi sestavy. IQRF modul se zasouvá do držáku SIM karty. Držák SIM karty je umístěn na samostatné DPS, tato DPS je umístěna na základní desku časomíry ze strany součástek tak, aby bylo možné IQRF modul zasunout do držáku. IQRF modul je propojen s mikrokontrolérem pomocí několika pinů. Každý z těchto pinů má svou jedinou funkci. K1, K2 a K4 jsou svorkovnice do DPS, do kterých se připojuje šestipinový konektor pro připojení LED displeje umístěný na zadní stěně časomíry. Komunikace mikrokontroléru s LED displejem probíhá sériově pomocí čtyř vodičů. Pin mikrokontroléru označený jako DISP\_CLK jsou taktovací hodiny pro data, označená jako DISP\_DATA, sériové komunikace s LED displejem. DISP\_OE je vstup LED displeje, jenž uvolní výstupy všech posuvných registrů ze stavu vysoké impedance. DISP\_STR dovoluje uzamknutí zobrazované informace na LED displeji po dobu nahrávání dalších dat. Jako akustická signalizace slouží siréna KPE 242 s napájecím napětím od 3 V do 16 V. Pro funkci reálného času bylo využito krystalu s frekvencí 32,768 kHz.



**Obr. 14:** Schéma zapojení mikrokontroléru a IQRF modulu

[illegible]

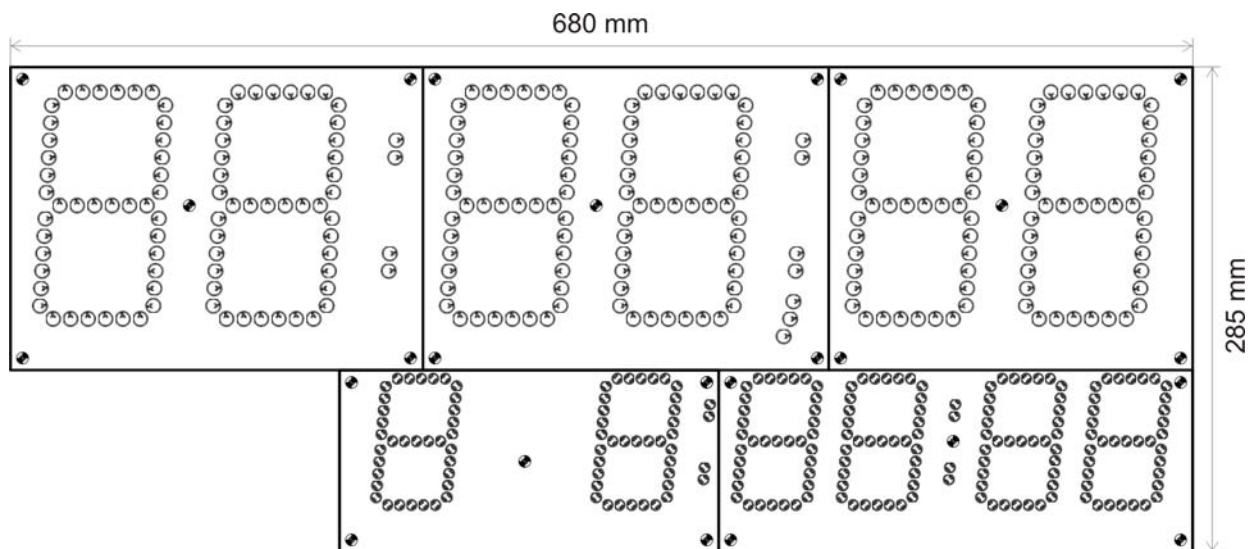
Časomíru je možno napájet z 12 V baterie nebo ze spínaného zdroje 12 V/2 A, který se připojuje do konektoru X1. Napětí 12 V přímo napájí LED displej. Integrované obvody jsou napájeny napětím 5V. Napětí je zajištěno lineárním stabilizátorem pevného napětí IC5. Do svorkovnice K3 se připojuje pojistka, která je umístěna na zadní stěně krabičky časomíry. Jako ochrana proti přepólování je ve zdrojové části umístěna rychlá dioda D1. Jako ochrana proti přepětí je zde použit transil D89 o napěťové úrovni 15 V. Kondenzátory C3 a C4 jsou blokovací obvody pro obvod IC5; C5 a C6 jsou vyhlazovací kondenzátory. Do svorkovnice K5 a K7 se připojují vodiče od dvoupolohového hlavního vypínače.



### 3.2 Zobrazovací LED panel časomíry

Zobrazovací panel se skládá ze 481 kusů LED, které jsou rozděleny na pět DPS. DPS s LED jsou mechanicky upevněny na PVC (polyvinylchlorid) panelu o rozměrech 700 x 400 mm. LED jsou uspořádány jako šest 7segmentových displejů ve dvou řádcích. Velikost horních číslic činí 140 mm a průměr LED je 8 mm. Velikost číslic spodního řádku činí 80 mm a průměr LED je 5 mm. Dvojice 7segmentových displejů jsou od sebe odděleny dvojtečkou, popřípadě čárkou. V levém dolním rohu je umístěn konektor pro připojení k hlavní jednotce časomíry.

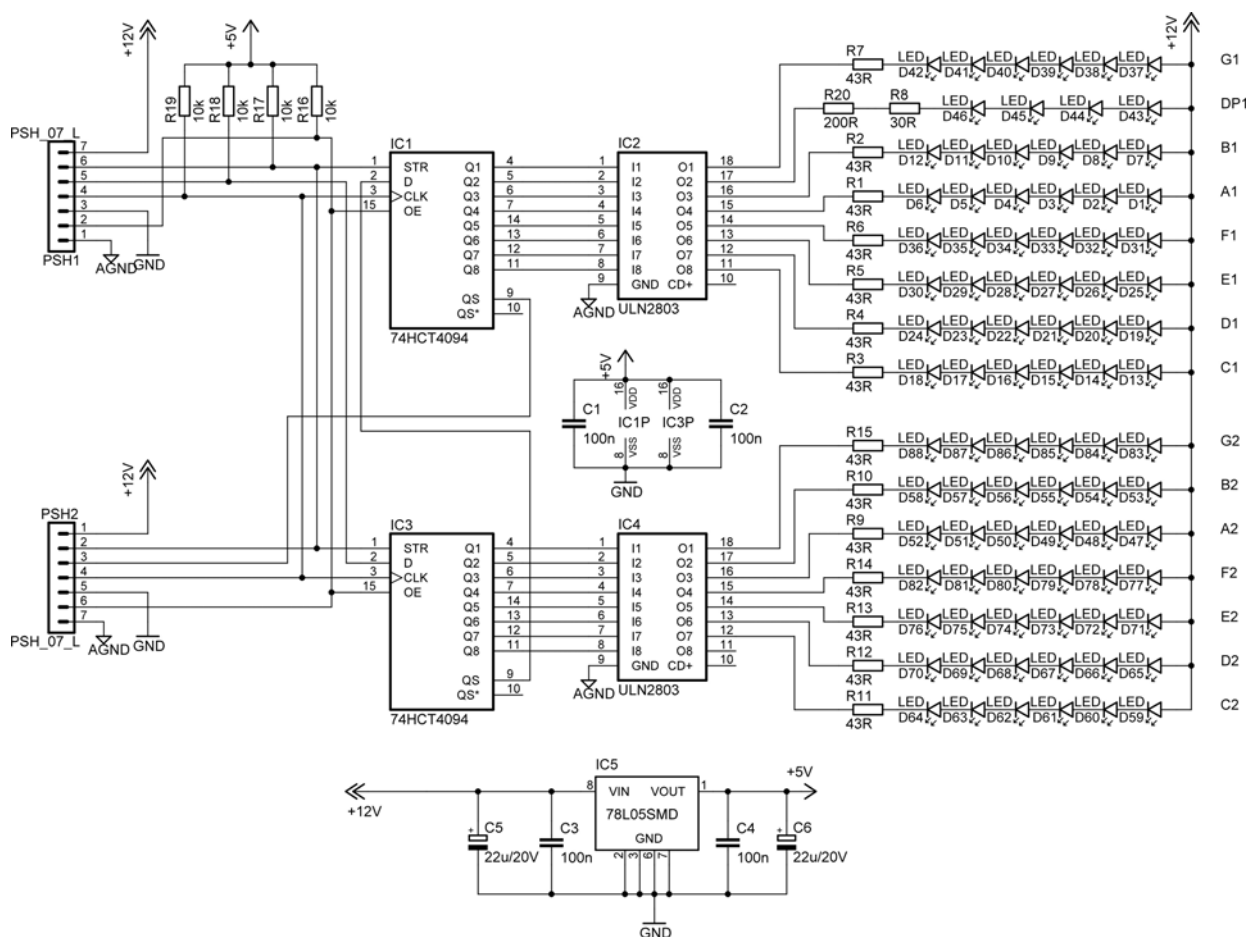
Zobrazovací panel je umístěn v horním víku hliníkového kufru. Víko kufru lze jednoduše oddělit od spodní části kufru.



**Obr. 17:** Rozmístění LED na zobrazovacím panelu

### 3.2.1 Zapojení zobrazovacího panelu

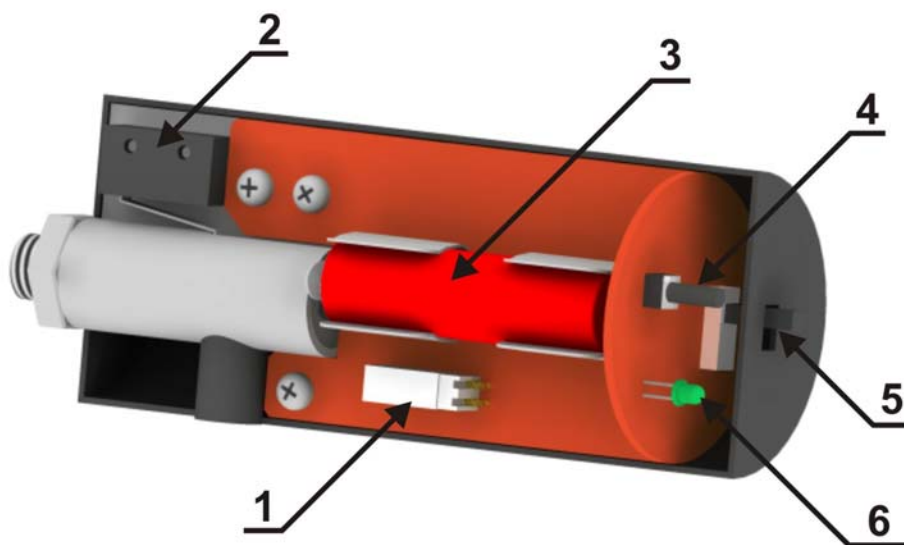
Zobrazovací panel pracuje ve statickém režimu, komunikace z hlavní jednotkou časomíry probíhá po kabelu sériově. Obsahuje dvanáct posuvných registrů 74HCT4094, každý z registrů uchovává osmibitové číslo pro jeden 7segment. Registry jsou zapojeny do série a vstup hodin je synchronní pro všechny registry. Pro posílení výstupního proudu z registru je zde obvod ULN 2803 s osmi darlingtonovými tranzistory. Panel je napájen 12 V, napájení integrovaných obvodů IC1 a IC3 zajišťuje pevný stabilizátor napětí 7805 s výstupním napětí 5 V. Všechny registry v celém LED displeji mají společné pull-up rezistory na vstupech STR, D, CLK a OE. Kondenzátory C1, C2, C3 a C4 jsou blokovací, kondenzátory C5 a C6 vyhlazují napětí. Pro nastavení proudu jedním segmentem na hodnotu 20 mA, je zařazen do série s LED rezistor o hodnotě 43  $\Omega$ .



Obr. 18: Schéma zapojení dvojice 7segmentového displeje

### 3.3 Startovací pistole

Elektronika pro startovací pistol je umístěna ve válcové krabici o průměru 50 mm a délce 115 mm a skládá se ze dvou dvouvrstvých DPS. Na čelní DPS se nachází vypínač, resetovací tlačítko a LED. Posuvným vypínačem se zapíná modul pistole, což je indikováno zelenou LED, tlačítkem se resetuje časomíra. DPS obsahuje IQRF modul a ostatní součástky nutné pro funkci a ochranu modulu.



Obr. 19: Náskres sestavy modulu pro pistoli

1. konektor pro připojení mikropínače s páčkou, 2. mikropínač a páčkou, 3. baterie AA, 4. tlačítko RESET, 5. posuvný vypínač ON/OFF, 6. indikační LED ON/OFF;

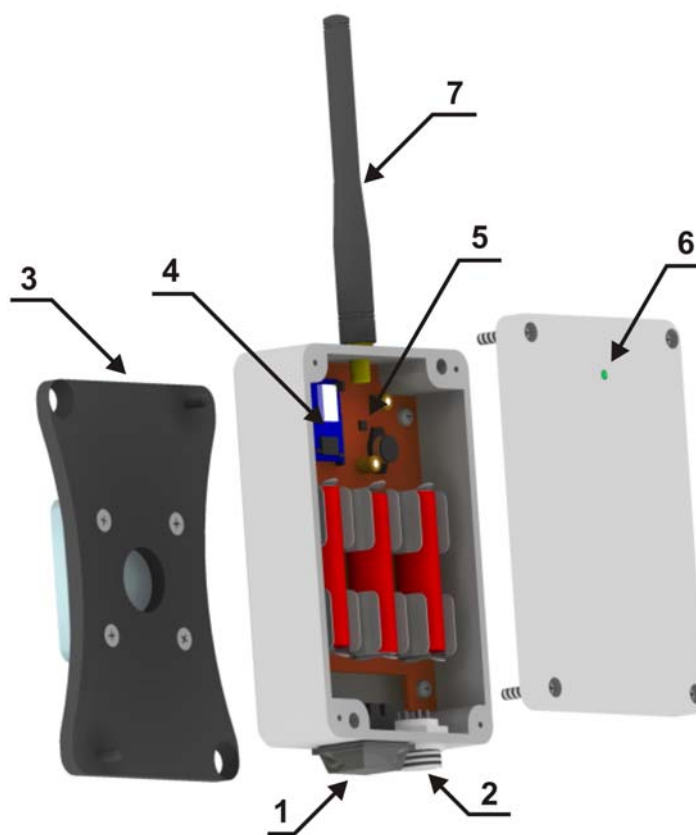
#### 3.3.1 Schéma zapojení modulu pro pistoli

Celý modul je napájen baterií o velikost AA a o jmenovitém napětí 3,6 V. D1 slouží jako ochrana proti přepólování a proti přepětí je zde umístěna Zenerova dioda DZ3. Rezistory R1 a R2 tvoří dělič napětí pro měření napětí článku. Startovací impuls se přivádí z mechanického snímače tlaku v pistoli na pin C8, je aktivní v LOG. 0 a R5 slouží jako Pull-up rezistor. Kondenzátor C2 slouží k potlačení případných zákmitů z mechanického snímače tlaku. DZ2 omezuje vyšší napětí na vstupu START. Zapnutí modulu indikuje nízkopříkonová LED, R4 omezuje proud LED. RESET je také aktivní v nule, R3 slouží jako pull-up rezistor pro resetovací tlačítko.



### 3.4 Sklopné terče

Elektronika pro terče je umístěna ve vodotěsné krabičce skrytím IP65 o rozměrech 80 x 120 x 36 mm. Ve spodní části krabičky je umístěn vodotěsný vypínač a konektor pro připojení k terči. Zapnutí modulu indikuje zelená LED, umístěná ve víku krabičky. Uprostřed dna krabičky je magnet s přídržnou silou 3 kg, který přidržuje vysílač na zadní stěně terče. DPS elektroniky je vyrobena na jednostranném plošném spoji o rozměrech 72 x 105 mm. DPS obsahuje IQRF modul a integrovaný zdroj proudu MAX 8607. Zdroj proudu je zde pro luxeon, který indikuje, zda byl terč strefen. Napájení zajišťují tři akumulátory o velikosti AA se jmenovitým napětím 1,2 V a kapacitou 2700 mAh; v případě nedostupnosti těchto akumulátorů lze použít i klasické baterie 1,5 V.



Obr. 22: Náskres sestavy modulu pro terče

1. vypínač ON/OFF, 2. konektor pro připojení k terči, 3. ocelový držák modulu, 4. IQRF modul, 5. zdroj proudu MAX8607, 6. indikační LED ON/OFF, 7. anténa;

#### 3.4.1 Zapojení pro sklopné terče

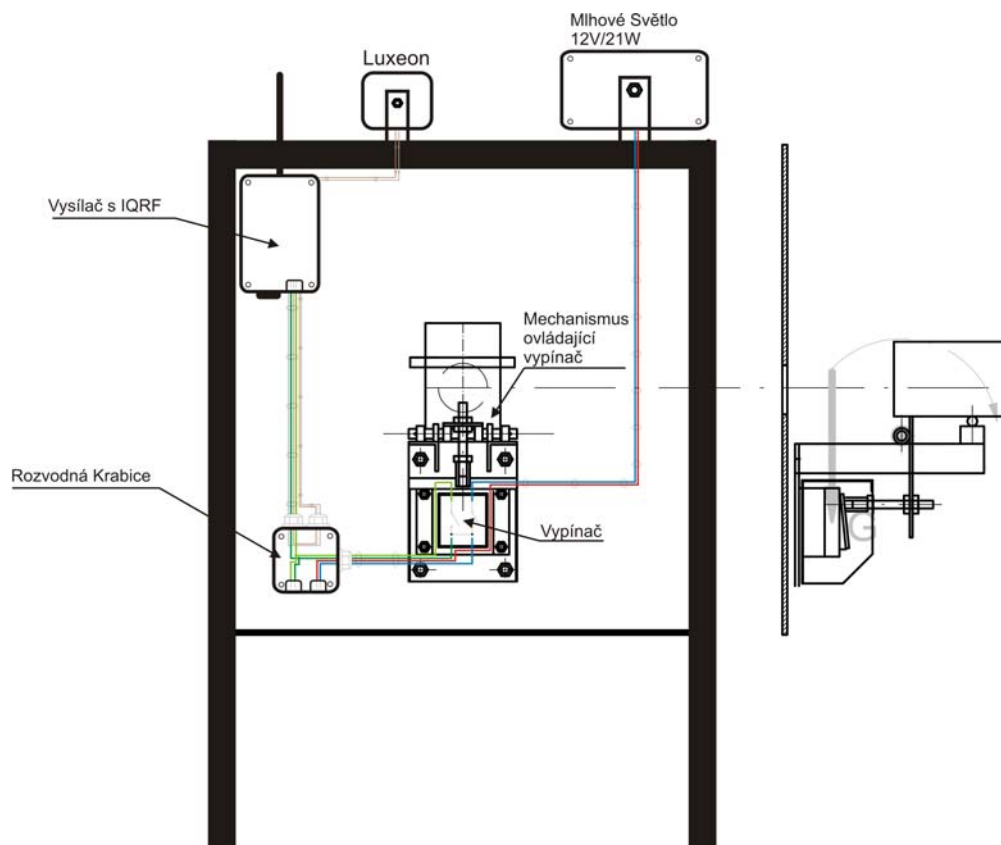
Napájení zajišťují tři akumulátory o velikosti AA zapojené do série. Jmenovité napětí jednoho akumulátorů je 1,2 V, o kapacitě 2700 mAh. Konektor PAD3 slouží pro připojení

[illegible]

### 3.5 Mechanická konstrukce sklopných terčů

- 32 -





Obr. 24: Schéma zapojení terče – zadní pohled

### 3.6 Programové vybavení pro mikrokontrolér

Program pro mikrokontrolér je napsán v jazyce C ve vývojovém prostředí MPLAB IDE. Toto vývojové prostředí pochází od společnosti Microchip. Pro zkompileování programu do assembleru se využívá volné verze kompilátoru CC5X od B Kundsén Data. Nejnovější volná verze kompilátoru CC5X umožňuje zkompileování programu většího než 1024 slov, což u předchozí verze nebylo možné. Ale i tato verze má jistá omezení, jako je například použití největšího datového typu `uns16` nebo nemožnost použití vícerozměrných polí.

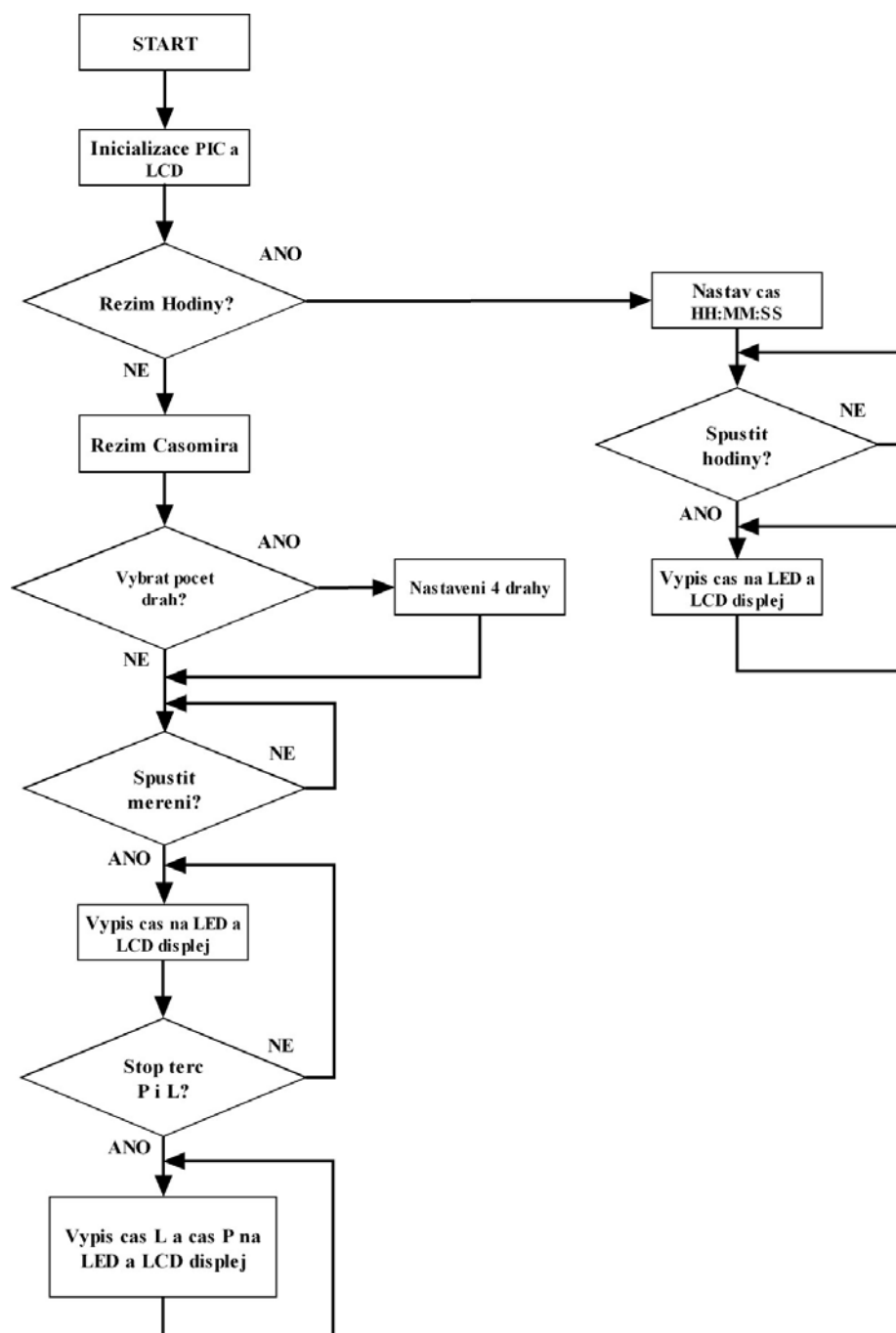
#### 3.6.1 Obecný popis programu

Po zapnutí vypínače ON/OFF na čelním panelu časomíry proběhne inicializace mikrokontroléru a LCD displeje a zobrazí se úvodní obrazovka s nápisem „CASOMIRA 2010“, autor programu „MICHAL FRYDRYCH“ a verze firmwaru.

Po uplynutí jedné sekundy se zobrazí nabídka „REZIM HODIN?“, pokud stiskneme tlačítko enter, dostaneme se do režimu hodin. V režimu hodin se pomocí tlačítek UP a DOWN nastavuje čas, od kterého začíná časomíra zobrazovat čas. Zobrazení se spustí stiskem tlačítka enter.

Pokud není stisknuto tlačítko enter, program automaticky spustí „REZIM CASOMIRA“. Po té se zobrazí nabídka „POČET DRAH?“. Pokud stiskneme enter, můžeme vybírat mezi počtem drah 2 nebo 4 dráhy. Pokud není stisknuto tlačítko enter, časomíra se automaticky nastaví na dvě dráhy. Jakmile je časomíra připravena k měření, zobrazí se na displeji „SPUSTIT MERENI?“ a ozvou se dvě krátká pípnutí. Poté je časomíra připravena přijmout startovací signál z pistole, anebo lze časomíru spustit stisknutím tlačítka enter.

Po spuštění měření času se stále na displeji vypisuje čas, a to až do doby, kdy přijde stop signál z obou terčů. Delší čas se zobrazí na prvním řádku časomíry. Pokud jsou měřeny pouze dvě dráhy, zobrazuje se na začátku druhého řádku písmeno L nebo P – záleží na tom, který z terčů byl trefen dříve. Pro další měření se časomíra nuluje tlačítkem reset. Reset lze vyvolat i tlačítkem umístěným na pistoli.



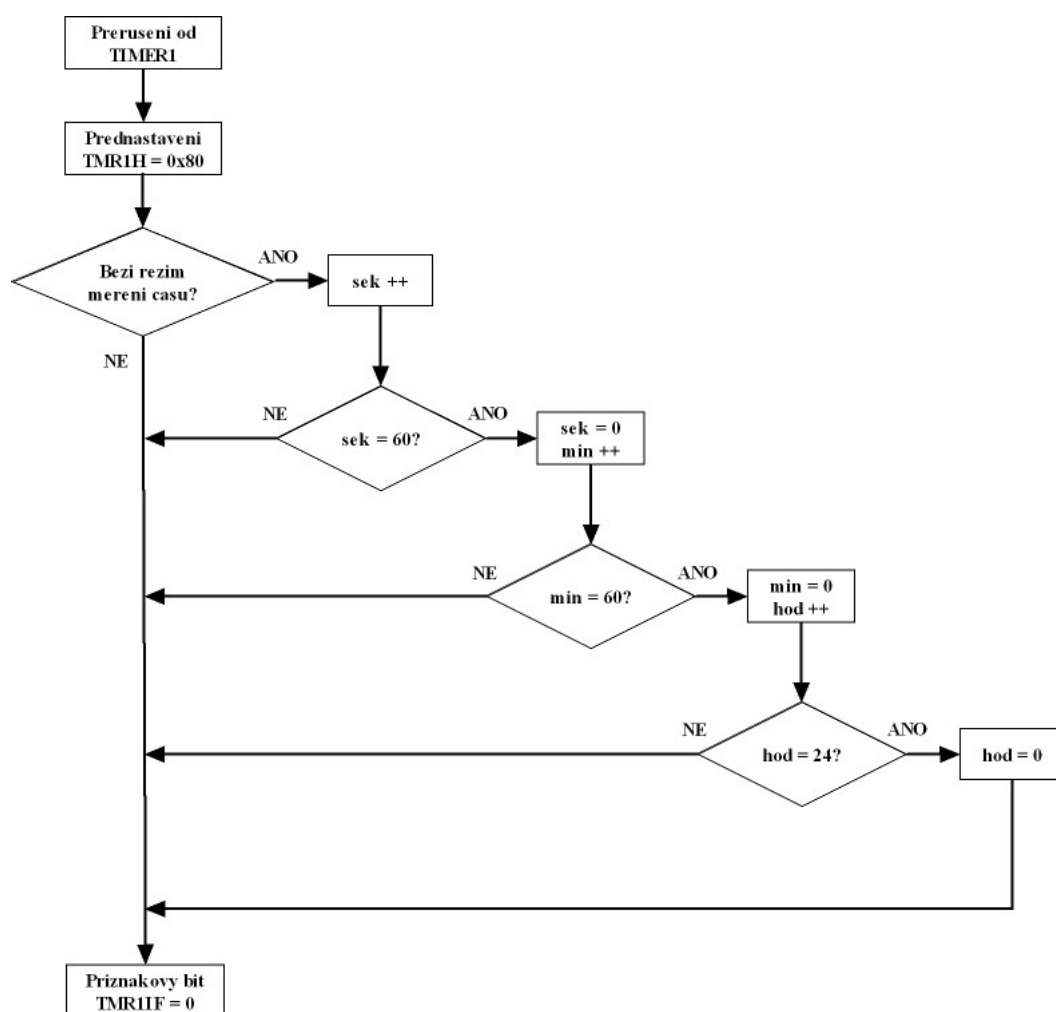
Obr. 25: Vývojový diagram programu

### 3.6.2 Blok reálného času

U časomíry je třeba zajistit přesné vyvolání přerušení po určité době. Krystal 20 MHz určuje frekvenci mikrokontroléru a druhý krystal – tzv. hodinový krystal s frekvencí 32,768 kHz – určuje čas, po kterém dojde k vyvolání přerušení. Hodinový krystal není synchronizován s vnitřním krystalem. Pro přesné generování časové smyčky bylo využito 16bitového čítače TIMER1. Pro naplnění tohoto čítače je třeba vyvolat přerušení 65 536 krát, perioda krystalu 32 768 Hz je 30  $\mu$ s, proto čas pro úplné naplnění čítače by byl 2 s.

Pokud čítači TIMER1 přednastavíme hodnotu 32 768, dojde k přerušení přesně po 1 s. TIMER1 je rozdělen do dvou 8bitových registrů, v registru TMR1H je uložena horní polovina 16bitového čísla a v registru TMR1L je uložena spodní polovina 16bitového čísla. Přednastavení čítače hodnotou 32 768 nám vyhovuje, protože v hexadecimální soustavě má číslo tvar 0x8000, proto nám stačí nastavit pouze TMR1H hodnotou 0x80. Při každém vyvolaném přerušení se proměnná sek navýší o jedničku.

Při stopování času je nejmenší hodnota 10 ms, počet desítek milisekund se dopočítává podle čísla uloženého v obou registrech TIMER1 v době, kdy se čas vypisuje na displej. Tato vypočítaná hodnota se ukládá do proměnné set.



Obr. 26: Vývojový diagram hodin reálného času

## 4 Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout a realizovat bezdrátovou časomíru s velkým LED panelem pro požární sport. LED panel měl splňovat požadavek minimální velikosti číslic 140 mm a dobrou viditelnost. Celé zařízení mělo být zároveň navrženo tak, aby manipulace s ním byla co nejjednodušší.

Jako bezdrátové moduly byly použity IQRF moduly společnosti Microrisc. Byly vyzkoušeny dva typy těchto modulů. Typ TR-31B s amplitudovou modulací a dosahem až 170 m a typ TR-52B s frekvenční modulací a dosahem až 700 m. Moduly typu TR-31B se po praktickém ověření staly nevhodnými pro danou aplikaci: pokud byla hlavní jednotka časomíry umístěna na zemi, dosah byl pouhých 40 m. S moduly TR-52B se dosah zvýšil, ale pro bezchybnou funkci byla anténa instalována mimo krabičku časomíry.

Dále byl vyroben velký LED panel, složený ze 481 kusů LED. Bylo dodrženo minimální velikosti číslic a k tomu byl navržen optimální rozestup mezi jednotlivými čísly pro dobrou čitelnost z větší vzdálenosti. Přímá pozorovací vzdálenost na LED panel je asi 25 m. Nevýhodou toho panelu je malý pozorovací úhel, byly použity superjasné LED se svítivostí 2400 mcd s vyzařovacím úhlem 25°. Tento úhel se jeví jako nedostatečný, možnost, jak tento negativní jev eliminovat, je použít projekční fólii, která se používá při promítání na sklo. Tato folie má v sobě skleněné kuličky, jež lámou světlo do stran. Udávaný pozorovací úhel těchto fólií je až 180°. Nevýhodou těchto fólií je špatná dostupnost a také cena. Částečnému zvýšení pozorovacího úhlu za slunného počasí také pomohlo použití červeného polykarbonátu jako krytu LED panelu.

Jako snímač tlaku byl použit mikrospínač s páčkou. Toto řešení je velice jednoduché, levné a relativně spolehlivé. Musíme však pamatovat na údržbu této mechanické části. Při použití nábojů větší ráže musíme tuto údržbu provádět velice často. Bylo by proto vhodné pro tento typ pistole vyrobit snímač tlaku bez mechanické části, například využitím integrovaného obvodu na snímání zrychlení.

Celé zařízení je umístěno v hliníkovém kufru. LED panel je umístěn v horní části kufru, tuto část lze oddělit od spodní části a LED panel umístit na dobře viditelné místo. Celé zařízení lze napájet 12 V akumulátorem, což zvyšuje jeho mobilitu.

Přibližná cenová kalkulace celého měřicího systému, bez započítání materiálu na terče, se cena pohybuje zhruba okolo Kč 13 000,-. Uvedená cena je v porovnání s komerčně vyráběnými časomírami velice přijatelná. Ceny takovýchto komerčně vyrobených sestav začínají od Kč 15 000,- a více.

## 5 Seznam použitých zdrojů

- [1] *Firesport* [online]. 2001 [cit. 2010-03-25]. Diskuze o požárním sportu. Dostupné z WWW: <<http://www.firesport.cz/diskuze/viewtopic.php?t=26339&highlight=ter%E8>>
- [2] *X-flame* [online]. 2005 [cit. 2010-04-2]. Internetový obchod pro hasiče. Dostupné z WWW: <<http://www.x-flame.cz/www3/obchod/index.php?k=218>>.
- [3] *Ctu* [online]. 2008 [cit. 2010-03-4]. Využívání vymezených rádiových kmitočtů - ČTÚ. Dostupné z WWW: <<http://www.ctu.cz/ctu-informuje/jak-postupovat/radiove-kmitocty/vyuzivani-vymezenych-radiovy-ch-kmitoctu.html>>.
- [4] *Iqrf* [online]. 2007 [cit. 2010-01-5]. IQRF - simple way to smarter wireless solutions. Dostupné z WWW: <<http://www.iqrf.com/weben/index.php?sekce=products&id=tr-31b&ot=transceivers&ot2=tr-31b>>.
- [5] VRBA, R., LEGÁT, P., FUJCIK, L., HÁZE, J., KUČHTA, R., MIKEL, B., SKOČDOPOLE, M. *Digitální obvody a mikroprocesory*. elektronické skriptum. Brno: FEKT VUT Brno, 2003. s. 1-238. ISBN: MEL103.
- [6] BEJČEK, Ludvík; VACULÍK, Jan. *Automatizace* [online]. 2006 [cit. 2010-02-09]. Snímače tlaku – přehled trhu. Dostupné z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=1025>>.
- [7] *Microchip* [online]. 2003 [cit. 2009-10-13]. PIC16F876A. Dostupné z WWW: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf>>.
- [8] *Maxim* [online]. 2007 [cit. 2010-03-22]. MAX8607 1MHz PWM Boost Converter for 1.5A White LED Camera Flash. Dostupné z WWW: <[http://www.maxim-ic.com/quick\\_view2.cfm/qv\\_pk/4881](http://www.maxim-ic.com/quick_view2.cfm/qv_pk/4881)>.
- [9] *Iqrf* [online]. 2007 [cit. 2010-01-5]. IQRF - simple way to smarter wireless solutions. Dostupné z WWW: <<http://www.iqrf.com/weben/index.php?sekce=products&id=tr-52b&ot=transceivers&ot2=tr-52b>>.
- [10] MANN, Burkhard. *C pro mikrokontroléry*. Václav Losík. 1. české vydání. Praha: BEN - technická literatura, 2003. 203 s. ISBN 80-7300-077-6.
- [11] *BKND* [online]. 1992 [cit. 2010-05-18]. CC5X C Compiler. Dostupné z WWW: <<http://www.bknd.com/cc5x/download.shtml>>.
- [12] VACEK, Václav. *Učebnice programování PIC*. Praha: BEN - technická literatura, 2000. 139 s. ISBN 80-86056-87-2.

## 6 Seznam použitých zkratek a symbolů

LED	Light Emitting Diode
PC	Personal Computer
USB	Universal Serial Bus
USART	Universal Synchronous/Asynchronous Receiver – Transmitter
QFN	Quad flat network
SIM	Subscriber Information Module
ASK	Amplitude – Shift Keying
SPI	Serial Peripheral Interface
I <sup>2</sup> C	Internal – Integrated – Circuit Bus
UART	Universal Asynchronous Receiver – Transmitter
OS	Operating System
SMD	Surface Mount Device
BCD	Binary Code Decimal
ROM	Read – Only Memory
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
LCD	Liquid Crystal Display
ICSP	In – Circuit Serial Programming
DIL	Dual InLine
SOIC	Small Outline Integrated Circuit
PLCC	Plastic Leaded Chip Carrar
QFP	Quad flat pack
DPS	Deska Plošných spojů
LSB	Least Significant Bit
MSB	Most Significant Bit
PVC	Polyvinylchlorid

## 7 Seznam obrázků

<b>OBR. 1:</b> SKLOPNÉ TERČE PRO MĚŘENÍ ČASU V POŽÁRNÍM ÚTOKU [1].....	9
<b>OBR. 2:</b> ZOBRAZOVACÍ PANEL ZE 7SEGMENTOVÝCH DISPLEJŮ [2].....	10
<b>OBR. 3:</b> ZOBRAZOVACÍ PANEL Z VYSOCE SVÍTIVÝCH LED [2].....	10
<b>OBR. 4:</b> ROZLOŽENÍ SOUČÁSTEK NA IQRF MODULU [4].....	13
<b>OBR. 5:</b> BLOKOVÉ SCHÉMA ZAPOJENÉ IQRF [4] .....	14
<b>OBR. 6:</b> VÝVODY NA SPODNÍ STRANĚ MODULU IQRF [4] .....	14
<b>OBR. 7:</b> ZAPOJENÍ LED PANELU VE STATICKÉM REŽIMU .....	16
<b>OBR. 8:</b> ZAPOJENÍ LED PANELU V MULTIPLEXNÍM REŽIMU .....	17
<b>OBR. 9:</b> ZAPOJENÍ MATICOVÉHO DISPLEJE .....	18
<b>OBR. 10:</b> MECHANICKÝ SNÍMAČ TLAKU .....	20
<b>OBR. 11:</b> ZAPOJENÍ VÝVODŮ PIC 16F876A [7] .....	21
<b>OBR. 12:</b> NÁKRES SESTAVY ČASOMÍRY .....	23
<b>OBR. 13:</b> SCHÉMA ZAPOJENÍ LCD DISPLEJE S TLAČÍTKY .....	25
<b>OBR. 14:</b> SCHÉMA ZAPOJENÍ MIKROKONTROLÉRU A IQRF MODULU .....	25
<b>OBR. 15:</b> SCHÉMA ZAPOJENÍ PŘEVODNÍKU FT232RL .....	26
<b>OBR. 16:</b> SCHÉMA ZAPOJENÍ NAPÁJECÍ ČÁSTI HLAVNÍ JEDNOTKY .....	27
<b>OBR. 17:</b> ROZMÍSTĚNÍ LED NA ZOBRAZOVACÍM PANELU .....	27
<b>OBR. 18:</b> SCHÉMA ZAPOJENÍ DVOJCE 7SEGMENTOVÉHO DISPLEJE .....	28
<b>OBR. 19:</b> NÁKRES SESTAVY MODULU PRO PISTOLI .....	29
<b>OBR. 20:</b> SCHÉMA ZAPOJENÍ MODULU PRO PISTOLI .....	30
<b>OBR. 21:</b> MECHANICKÝ SNÍMAČ TLAKU .....	30
<b>OBR. 22:</b> NÁKRES SESTAVY MODULU PRO TERČE.....	31
<b>OBR. 23:</b> SCHÉMA VYSÍLACÍHO MODULU PRO TERČE .....	32
<b>OBR. 24:</b> SCHÉMA ZAPOJENÍ TERČE – ZADNÍ POHLED .....	33
<b>OBR. 25:</b> VÝVOJOVÝ DIAGRAM PROGRAMU .....	35
<b>OBR. 26:</b> VÝVOJOVÝ DIAGRAM HODIN REÁLNÉHO ČASU .....	36



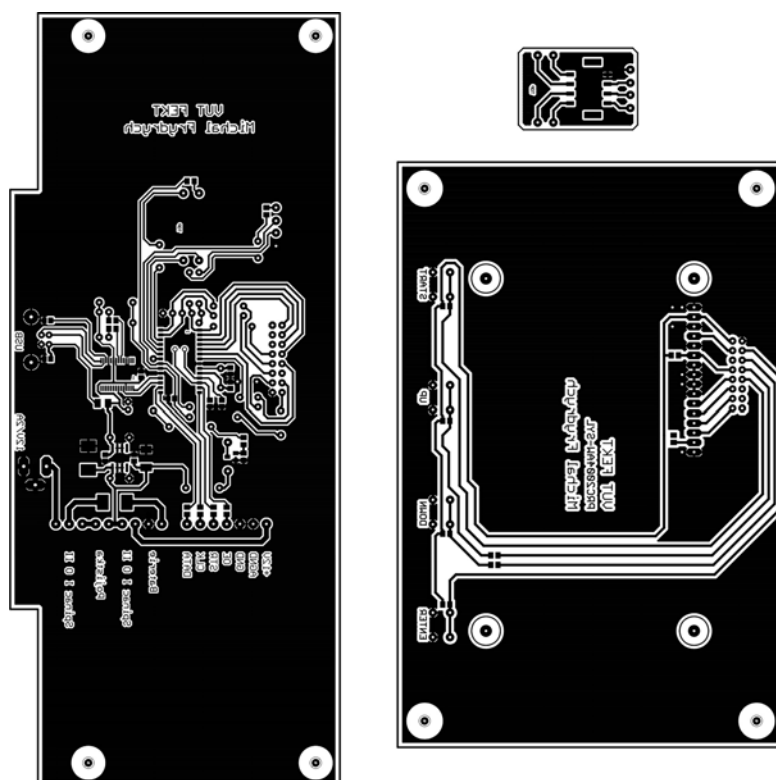
## 8 Seznam tabulek

<b>TAB. 1:</b> VYUŽÍVÁNÍ RÁDIOVÝCH KMITOČTŮ PRO ZAŘÍZENÍ KRÁTKÉHO DOSAHU [3]	12
<b>TAB. 2:</b> POPIS JEDNOTLIVÝCH PINŮ TR-31B [4] .....	15
<b>TAB. 2:</b> POPIS JEDNOTLIVÝCH VÝVODŮ PIC16F876A [7] .....	22

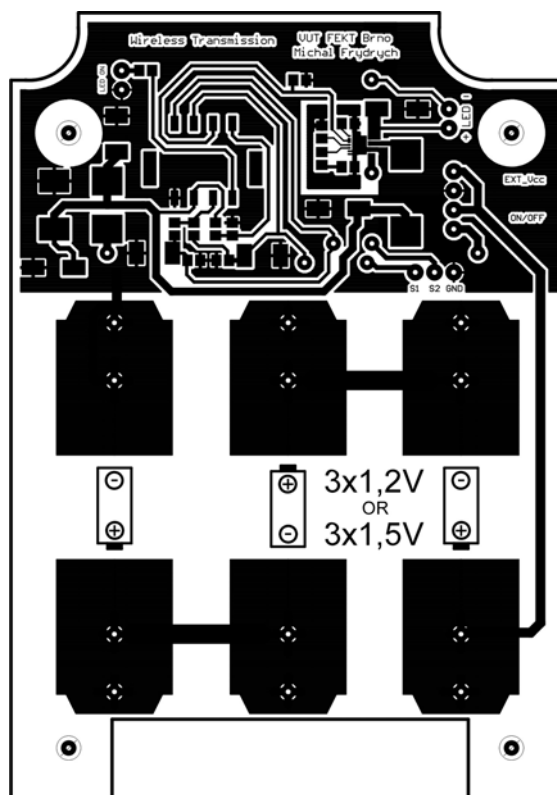
## 9 Seznam příloh

PŘÍLOHA 1: DPS HLAVNÍ JEDNOTKY (MĚŘÍTKO 2:1).....	43
PŘÍLOHA 2: DPS MODULU PRO TERČE (MĚŘÍTKO 1:1) .....	43
PŘÍLOHA 3: DPS MODULU PRO STARTOVACÍ PISTOLI (MĚŘÍTKO 1:1).....	44
PŘÍLOHA 4: DPS DRUHÉHO ŘÁDKU LED ZOBRAZOVAČE (MĚŘÍTKO 2:1).....	44
PŘÍLOHA 5: DPS PRVNÍHO ŘÁDKU LED ZOBRAZOVAČE (MĚŘÍTKO 3:1).....	45
PŘÍLOHA 6: FOTOGRAFIE HLAVNÍ JEDNOTKY ČASOMÍRY .....	46
PŘÍLOHA 7: FOTOGRAFIE MODULU PRO TERČ .....	46
PŘÍLOHA 8: FOTOGRAFIE MODULU PRO PISTOLI .....	47
PŘÍLOHA 9: FOTOGRAFIE LED ZOBRAZOVAČE A HLAVNÍ JEDNOTKY ČASOMÍRY .....	47

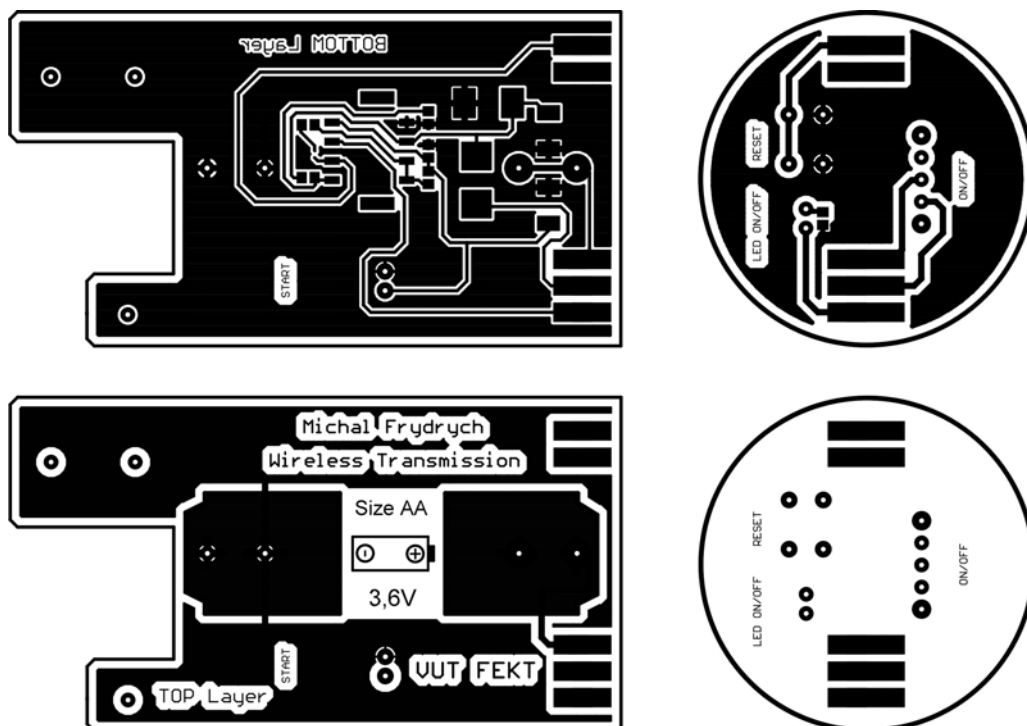
**Příloha 1:** DPS hlavní jednotky (měřítko 2:1)



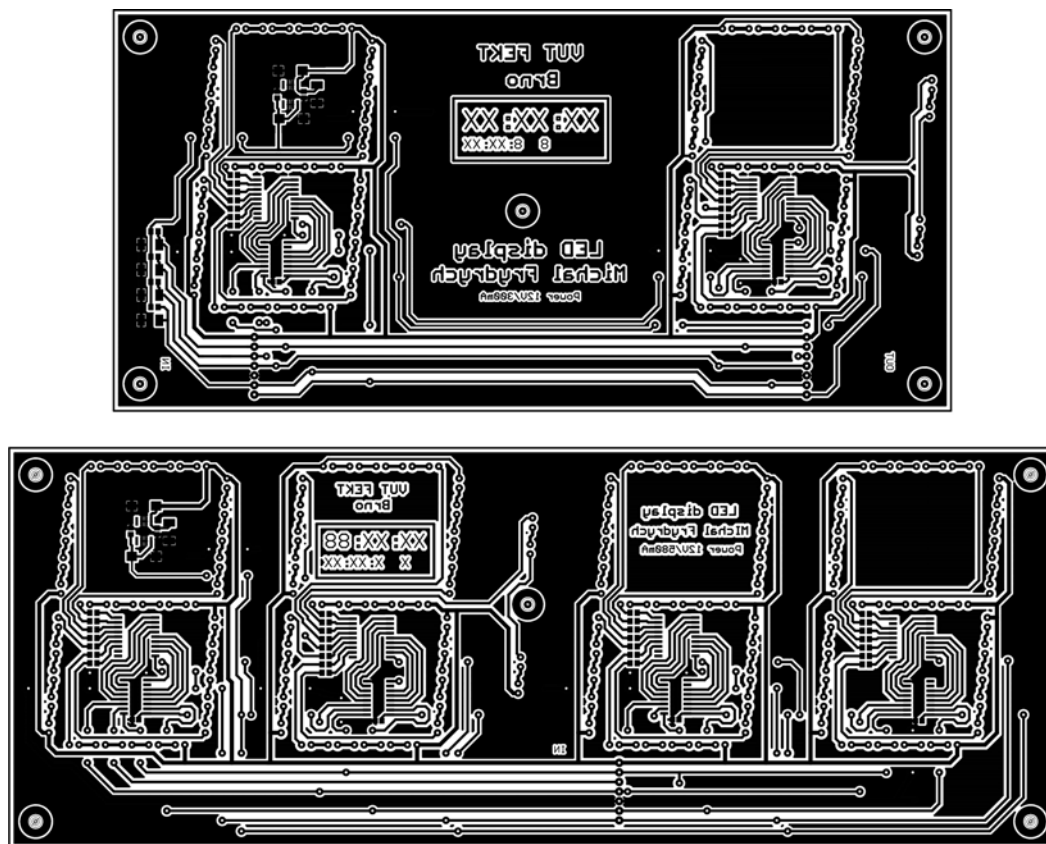
**Příloha 2:** DPS modulu pro terče (měřítko 1:1)



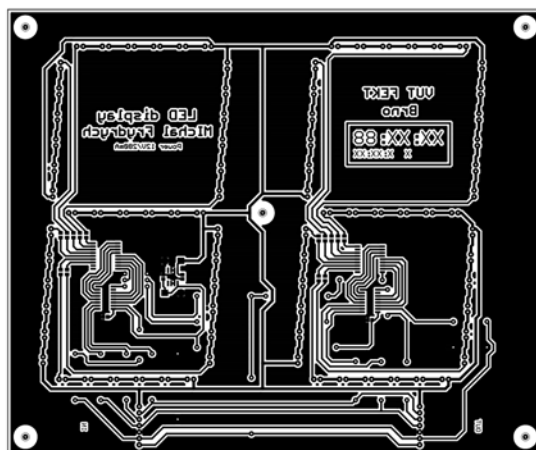
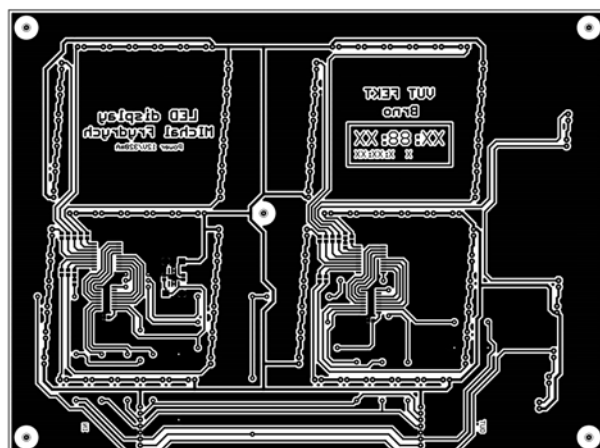
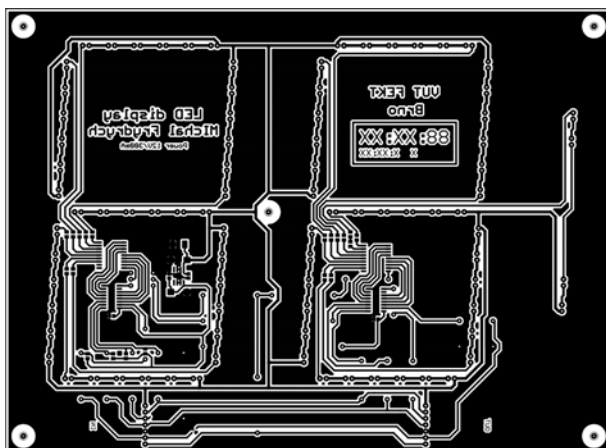
**Příloha 3:** DPS modulu pro startovací pistoli (měřítko 1:1)



**Příloha 4:** DPS druhého řádku LED zobrazovače (měřítko 2:1)



**Příloha 5:** DPS prvního řádku LED zobrazovače (měřítko 3:1)



**Příloha 6:** Fotografie hlavní jednotky časomíry



**Příloha 7:** Fotografie modulu pro terč



**Příloha 8:** Fotografie modulu pro pistoli



**Příloha 9:** Fotografie LED zobrazovače a hlavní jednotky časomíry

